



LARISSA SOUSA COELHO

**TÉCNICAS DE ENXERTIA VISANDO A PRODUÇÃO DE
MUDAS DE *Coffea arabica* L.**

**LAVRAS-MG
2023**

LARISSA SOUSA COELHO

TÉCNICAS DE ENXERTIA VISANDO A PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Coffea arabica L.

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho
Orientador

Dr. André Dominghetti Ferreira
Coorientador

LAVRAS-MG
2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Coelho, Larissa Sousa.

Técnicas de enxertia visando a produção de mudas de *Coffea arabica* L. / Larissa Sousa Coelho. - 2022.

82 p. : il.

Orientador(a): Gladyston Rodrigues Coelho.

Coorientador(a): André Dominghetti Ferreira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. *Coffea arabica* L. 2. Propagação de híbridos. 3.
Multiplicação. I. Coelho, Gladyston Rodrigues. II. Ferreira, André
Dominghetti. III. Título.

LARISSA SOUSA COELHO

TÉCNICAS DE ENXERTIA VISANDO A PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Coffea arabica L.

GRAFTTING TECHNIQUES AIMING AT THE PRODUCTION OF SEEDLINGS
Coffea arabica L.

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 25 de novembro 2022.

Dr. André Dominghetti Ferreira	EMBRAPA Café
Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves	UFLA
Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho	EPAMIG/UFLA
Dr. Tiago Teruel Rezende	UFLA
Dr. Vinícius Teixeira Andrade	EPAMIG

Prof. Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho
Orientador

Dr. André Dominghetti Ferreira
Coorientador

LAVRAS-MG
2023

À Deus.
À minha mãe, Valéria.
Ao meu esposo, Lucas.
Às minhas filhas, Luiza e Ana Flávia.
Com todo o amor,
Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo dom da vida, proteção e por ser a luz da minha vida.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/ Fitotecnia, pelas oportunidades e pelo ensino de excelência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pela concessão da área experimental e apoio na condução deste trabalho.

Ao setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura, pela estrutura e apoio na realização do experimento, em especial aos técnicos Alexandre das Graças e Filipe Moreira, que não mediram esforços para auxiliar nos trabalhos.

Ao CNPq, Consórcio Pesquisa Café, FAPEMIG e INCT Café pelo apoio financeiro para condução do projeto.

Aos funcionários e amigos da EPAMIG e EMATER, que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço imensamente ao orientador Gladyston Rodrigues Carvalho, ao coorientador André Dominghetti Ferreira e aos pesquisadores Francislei Vitti Raposo e Vinícius Teixeira Andrade, pela boa orientação, paciência, dedicação, ensinamentos, apoio, confiança e, sobretudo, pelo exemplo de vida e amor à cultura do cafeeiro.

Ao pesquisador e gerente técnico da Fazenda Amizade, Alexandrino Lopes de Oliveira, e ao proprietário Marcelo, por todos ensinamentos e orientações acerca dos trabalhos de enxertia que foram realizados.

Ao Pesquisador Dr. Cesar Elias Botelho, pela paciência, amizade e ensinamentos.

Ao meu esposo, Lucas, pelo apoio, paciência, carinho e amparo em todos os momentos.

À minhas filhas, Luiza e Ana Flávia, por me tornarem uma pessoa realizada, colocando mais sentido em minha vida, e por serem a fonte de alegria diária que me leva adiante.

Aos meus avós, Lázaro e Antônia (*in memória*), pelos exemplos de vida e pelo carinho.

À minha mãe, minha guerreira, pelo carinho, conselhos e orações.

Aos meus irmãos, Livia e Matheus, por todo o apoio e carinho.

Ao meu pai, pelo carinho e ensinamentos.

Às minhas tia Ana, Angélica e Rosana, pelo carinho e apoio nos desafios.

Ao meu padrasto Pedro, meus sogros Vera e Aurélio, pelo carinho e cuidado com minhas filhas nos momentos em que ausentei para estudar.

Às minhas amigas Bárbara, Flavinha, Jane, Jéssica, Kakau, Mari e Rose, pelo apoio em momentos de alegria ou choro, e pelo carinho especial com minhas filhas, nos momentos em que estive longe e precisava dedicar a esse trabalho.

Aos amigos Mateus Pizza, Silvana Luz, Natália Madeira, Waldinei Ferreira, João Pedro Silvestre, Cássio Pereira, Denis Nadaleti, Ana Flávia de Freitas, Isaías Silva, pelo auxílio na realização dos experimentos, momentos de descontração e grande apoio, vocês foram peças extremamente importantes para o sucesso desse trabalho.

Aos membros da banca de defesa, pela participação, dedicação e contribuições que engrandeceram o trabalho.

Aos professores Luiz Antônio Bastos Andrade, Rubens José Guimarães, Antônio Nazareno Guimarães Mendes, Giovana, Ângela (*in memória*) e Josélia, pelos ensinamentos fundamentais para que eu chegasse até aqui, e por sempre me mostrarem o quanto eu sou capaz de realizar meus sonhos profissionais.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização desse trabalho.

Muito obrigada!

*"Faça o teu melhor, na condição que você tem,
enquanto você não tem condições melhores,
para fazer melhor ainda."*

(Mário Sérgio Cortella)

RESUMO

A produção de mudas enxertadas de híbridos de *Coffea arabica* L. pode ser uma alternativa para aumentar a produtividade, facilitar a exploração de diferentes características de interesse aos cafeicultores no Brasil e no mundo. O presente trabalho teve como objetivo definir uma metodologia adequada para a produção de mudas enxertadas de café arábica. Foram realizados cinco experimentos, conduzidos em casa de vegetação da EPAMIG e campo experimental da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras-MG, no período de maio de 2018 a julho de 2021. O primeiro experimento objetivou selecionar o melhor método de enxertia para a cultura (borbulhia em T normal e invertido, garfagem em fenda cheia, fenda vazia e inglês complicado). No segundo foram avaliadas as diferentes alturas para realização da enxertia no porta-enxerto (10, 15, 20 e 25 cm acima do colo da muda). No terceiro experimento foram testados os diferentes volumes de substrato para produção das mudas (270 ml, 850 ml e 1800 ml). O quarto experimento foi destinado à identificação da melhor região do broto (basal ou apical) para a realização das enxertias. A fim de determinar o melhor tipo de poda a ser realizada em plantas matrizes para obtenção de brotações ortotrópicas, foi realizado o quinto experimento. Para todos os experimentos de casa de vegetação foram realizadas avaliações das características agrônômicas: incremento em altura, diâmetro da base, diâmetro da região do enxerto, pegamento, área foliar, massa seca da parte aérea e sistema radicular, crescimento do broto enxertado e número de pares de folhas. Para o experimento de poda das plantas matrizes, avaliou-se a quantidade de brotos obtidos. Como método de enxertia, a garfagem em fenda cheia se destacou, principalmente para crescimento das mudas em altura. Para obtenção de melhor pegamento e desenvolvimento, recomenda-se enxertias a 15, 20 e 25 cm acima do colo do porta-enxerto. A produção de mudas em volumes de substrato de 1800 ml, garantem melhor desenvolvimento do sistema radicular e conseqüentemente, maior desenvolvimento da muda. Quanto ao tipo de broto a ser utilizado, recomenda-se o apical. A poda do tipo palitamento com decote proporcionou maior emissão de brotações ortotrópicas.

Palavras-chave: Garfagem. Multiplicação. Propagação de híbridos. Propagação vegetativa. Café.

ABSTRACT

The production of grafted seedlings of *Coffea arabica* L. hybrids can be an alternative to increase productivity, facilitate the exploration of different characteristics of interest to coffee growers in Brazil and in the world. This work aimed to define an adequate methodology for the production of grafted arabica coffee seedlings. Five experiments were carried out, conducted in a greenhouse at EPAMIG and experimental field at the Federal University of Lavras, in the municipality of Lavras-MG, from May 2018 to July 2021. The first experiment aimed to select the best grafting method for culture (normal and inverted T bubbling, full cleft, empty cleft and complicated English). In the second, the different heights for performing grafting on the rootstock (10, 15, 20 and 25 cm above the seedling neck) were evaluated. In the third experiment, different substrate volumes were tested for seedling production (270 ml, 850 ml and 1800 ml). The fourth experiment was aimed at identifying the best region of the shoot (basal or apical) for grafting. In order to determine the best type of pruning to be performed on mother plants to obtain orthotropic shoots, the fifth experiment was carried out. For all greenhouse experiments, evaluations of agronomic characteristics were carried out: growth in height, base diameter, diameter of the graft region, setting, leaf area, dry mass of the shoot and root system, growth of the grafted shoot and number of leaf pairs. For the pruning experiment of mother plants, the amount of shoots obtained was evaluated. As a grafting method, grafting in full cleft stood out, mainly for the growth of seedlings in height. To obtain better attachment and development, it is recommended to graft 15, 20 e 25 cm above the rootstock neck. The production of seedlings in substrate volumes of 1800 ml ensures better development of the root system and, consequently, greater development of the seedling. As for the type of bud to be used, the apical one is recommended. The pruning type with neckline provided greater emission of orthotropic shoots.

Keywords: Forking. Multiplication. Propagation of hybrids. Vegetative propagation. Coffee.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -Fotos demonstrando o processo de enxertia em Coffea arabica L. pelo método de fenda cheia.....	24
Figura 2 – Métodos de enxertia representados esquematicamente. Borbulhia em T normal; garfagem em fenda (descrita neste trabalho como garfagem em fenda cheia), garfagem em fenda a cavalo (que é conhecida também como garfagem em fenda vazia) e garfagem a inglês complicado.....	25
Figura 3 – Método de enxertia representados esquematicamente. Borbulhia em T invertido.....	26
Figura 4 - Produtividade média de mudas produzidas por semente e enxertia, resultados referentes aos dois primeiros anos de produção (colheita de 2020 e 2021).....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Médias das características agronômicas em função de diferentes métodos de enxertia em Coffea arábica L. UFLA, Lavras, MG 2022.....	30
Tabela 2 Médias das características agronômicas em função de diferentes métodos de enxertia em Coffea arábica L. UFLA, Lavras, MG 2022	34
Tabela 3 Médias das características agronômicas em função de diferentes métodos de enxertia em Coffea arábica L. UFLA, Lavras, MG 2022	35
Tabela 4 Médias para pegamento (%) em função dos diferentes métodos e alturas de enxertia (inglês complicado, fenda vazia e fenda cheia) inseridas a diferentes alturas (10, 15, 20 e 25 cm), realizadas em mudas em Coffea arabica L. UFLA, Lavras, MG, 2022.....	35
Tabela 5 Tabela de médias para número de folhas (pares) em função dos diferentes métodos de enxertia (inglês complicado, fenda vazia e fenda cheia) inseridas a diferentes alturas (10, 15, 20 e 25 cm), realizadas em mudas de Coffea arabica L. UFLA, Lavras, MG, 2022.....	35
Tabela 6 Médias das características agronômicas em função de diferentes métodos de enxertia em Coffea arábica L. UFLA, Lavras, MG 2022.....	37
Tabela 7 Médias das características agronômicas em função de diferentes métodos de enxertia em Coffea arábica L. UFLA, Lavras, MG 2022.....	38
Tabela 8 Médias das características agronômicas em função de diferentes métodos de enxertia em Coffea arábica L. UFLA, Lavras, MG 2022.....	41
Tabela 9 Médias das características agronômicas em função de diferentes métodos de enxertia em Coffea arábica L. UFLA, Lavras, MG 2022.....	42
Tabela 10 Médias para área foliar, em função de diferentes métodos de enxertia e tipos de brotos para produção de mudas enxertadas de Coffea arabica L. UFLA, Lavras, MG, 2022.....	42
Tabela 11 Médias para incremento em altura, em função dos diferentes métodos de enxertia e regiões de broto para produção de mudas enxertadas de Coffea arabica L. UFLA, Lavras, MG, 2022.....	42
Tabela 12 Médias para crescimento do broto, em função dos diferentes métodos de enxertia e tipos de brotos para produção de mudas enxertadas de Coffea arabica L.. UFLA, Lavras, MG, 2022.....	43
Tabela 13 Médias para número de brotos (NB) em função do tipo e época de poda utilizados para indução de brotação Coffea arabica L.....	44
Tabela 14 Médias para número de brotos (NB) em função do tempo após poda utilizados para indução de brotação Coffea arabica L.....	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Aspectos gerais da cultura do cafeeiro	16
2.2	Formas de propagação do cafeeiro	16
2.3	Morfologia do cafeeiro.....	17
2.4	Enxertia do cafeeiro.....	19
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.1	Localização e caracterização geral dos experimentos	21
2.2	Descrição dos experimentos	25
2.2.1	Experimento I: avaliação de cinco métodos de enxertia em <i>Coffea arabica</i> L.....	25
2.2.2	Experimento II: avaliação de três métodos de enxertia inseridas em diferentes alturas no porta-enxerto, para produção de mudas de <i>Coffea arabica</i> L.	26
2.2.3	Experimento III: avaliação de dois métodos de enxertia para produção de mudas de <i>Coffea arabica</i> L. em três volumes de substrato.....	26
2.2.4	Experimento IV: avaliação de dois métodos de enxertia em relação a utilização de duas regiões do broto para produção de mudas enxertadas de <i>Coffea arabica</i> L.....	27
2.2.5	Experimento V: avaliação de quatro tipos de poda em duas épocas diferentes, em plantas matrizes de <i>Coffea arabica</i> L.	27
2.3	Características mensuradas e análises estatísticas.....	28
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
3.1	Experimento I: avaliação de cinco métodos de enxertia em <i>Coffea arabica</i> L.	29
3.2	Experimento II: avaliação de três métodos de enxertia inseridas a quatro diferentes alturas no porta-enxerto para produção de mudas de <i>Coffea arabica</i> L.	32
1,39 b.....		33
3.3	Experimento III: avaliação de dois métodos de enxertia para produção de mudas de <i>Coffea arabica</i> L. em diferentes volumes de substrato.....	36
3.4	Experimento IV: avaliação de dois métodos de enxertia utilizando brotos (apicais e basais) para produção de mudas enxertadas de <i>Coffea arabica</i> L.....	40
3.5	Experimento V: avaliação de quatro tipos e duas épocas de poda em plantas matrizes de <i>Coffea arabica</i> L.	43
4	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	46

|

1 INTRODUÇÃO

O sucesso da cafeicultura mundial em função das altas produtividades, adaptabilidade às adversidades biótica e abióticas e melhorias na qualidade de bebida, está diretamente ligado aos programas de melhoramento genético. Estes são os responsáveis por disponibilizar cultivares altamente produtivas, com melhor qualidade de bebida e resistência às principais pragas e doenças. Todavia, com estimativas de aumento da população mundial para os próximos anos, são necessárias novas estratégias de manejo e melhoramento que proporcionem aumento de produtividade às culturas.

A técnica de enxertia pode ser uma alternativa eficaz e economicamente viável para melhorias e aumentos de produtividade na cafeicultura, sendo importante investir em pesquisas para produção de mudas de qualidade, que garantirão a base para o sucesso das lavouras.

Todavia, as lavouras podem ser mais produtivas e protegidas de pragas e doenças por meio de estudos para produção de mudas com materiais genéticos superiores (como híbridos, por exemplo). Um destaque maior pode ser dado para a enxertia, que possibilita associação de dois materiais genéticos na mesma planta, podendo ser utilizado um sistema radicular com as características desejadas, associada a uma copa altamente produtiva e resistente a pragas e doenças.

Uma alternativa rápida, eficiente e com potencial para aumento de produtividade das lavouras, seria a utilização de híbridos F_1 altamente produtivos, propagados vegetativamente. Segundo pesquisadores na Nicarágua e Costa Rica, os produtores que já plantam algum híbrido F_1 estão dispostos a investirem maior quantidade de recursos no plantio desses materiais genéticos uma vez que oferecem maiores rendimentos, frutificação rápida, crescimento rápido das plantas, excelente qualidade de bebida e menos riscos do que cultivares comerciais, pois são mais resistentes a pragas e doenças, o que garante um investimento mais seguro aos produtores (TURREIRA-GARCÍA, 2022).

A propagação de *Coffea arabica* L. é feita predominantemente via semente, e atualmente existem linhas de pesquisas destinadas a propagação por meio de estaquia, enxertia hipocotiledonar e cultura de tecidos, visando a multiplicação dessa espécie vegetativamente. A propagação vegetativa possibilita obter lavouras mais produtivas, homogêneas, resistentes a pragas e doenças, além de produzir plantas geneticamente superiores de forma mais rápida.

A obtenção de clones de híbridos com grande potencial produtivo, por meio da utilização de técnicas de propagação vegetativa como estaquia e embriogênese somática, surgem como alternativa para o desenvolvimento de novas cultivares, em menor tempo

(DOMINGHETTI *et al.*, 2016). O enraizamento das estacas de *Coffea arabica* L. é demorado, variando entre os diferentes materiais genéticos. O fator limitante para produção de mudas por embriogênese somática é o alto custo para produção das mudas. Ambas as técnicas ainda não exploram a possibilidade de associação de dois materiais genéticos a uma só muda produzida.

A enxertia hipocotiledonar tem a vantagem de poder associar dois materiais genéticos a uma única muda, entretanto a propagação vegetativa não ocorre nesse processo, pois utiliza-se as sementes de duas cultivares para produção de uma única planta, onde uma é utilizada como sistema radicular e a outra como parte aérea.

De acordo com Aguilar *et al.* (2018) o processo de cultura de tecidos, realizado por embriogênese somática é intensivo e duradouro, porém, o custo final por planta é muito alto em comparação com aquelas obtidas a partir de sementes, dessa forma, a produção de mudas de café por meio da técnica de enxertia pode ser uma alternativa à propagação vegetativa de *Coffea arabica* L.

O emprego da enxertia na cafeicultura vem sendo explorado em pesquisas destinadas ao processo de enxertia hipocotiledonar, o qual permite a realização do processo por meio do semeio de duas cultivares diferentes, com posterior realização das enxertias hipocotiledonar, tendo como finalidade principal o aproveitamento de resistência radicular aos nematóides de solo e ao déficit hídrico.

A enxertia em *Coffea arabica* L. empregada no presente trabalho é um processo que utiliza muda de aproximadamente oito meses de idade como porta-enxerto, na qual é inserido um enxerto, advindo de brotações ortotrópicas, de uma planta matriz com as características de interesse. Uma grande aplicabilidade dessa técnica seria produzir lavouras comerciais compostas por híbridos que apresentem altas produtividades, resistência a pragas, doenças e estresses abióticos. Ao produzir plantas em geração F₁, a máxima heterose ocorrida nas hibridações pode ser explorada. Plantas em gerações mais avançadas que apresentem características desejadas também poderão ser propagadas de forma vegetativa, o que proporcionará grande economia de tempo, uma vez que o processo de melhoramento genético convencional para obtenção de uma nova cultivar de *Coffea arabica* L. pode se estender por até 30 anos. Além disso, essa técnica possibilita a produção de mudas de alta qualidade, associação entre dois materiais genéticos, com tempo de produção relativamente curto (aproximadamente 15 meses), de menor custo e é acessível a qualquer produtor.

Esse método ainda é pouco estudado na cafeicultura e têm como objetivo principal permitir a propagação clonal de híbridos com as características genéticas desejadas,

principalmente no que tange à produtividade, qualidade de bebida superior e resistência a pragas e doenças, atrelado a sistemas radiculares mais resistentes.

Devido ao crescente interesse pela propagação de híbridos F_1 no cultivo de *Coffea arabica* L., informações técnicas seguras sobre produção de mudas enxertadas são de suma importância, sendo que os dados existentes hoje estão restritos a poucas pesquisas publicadas. Saber qual o melhor método de enxertia, volume de substrato, altura ideal para realização da enxertia e região do broto a ser utilizada, são informações de necessárias para o estabelecimento de um protocolo para produção de mudas de café arábica enxertadas. Além disso, nota-se a necessidade de definir qual o método de poda proporcionará maior produção de brotações, advindas dos ramos ortotrópicos, em plantas matrizes.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é determinar uma metodologia de produção de mudas enxertadas de *Coffea arabica* L.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura do cafeeiro

Originário da Etiópia, centro da África, a província de Kaffa é apontada como o habitat original do *Coffea arabica* L. (MURTHY; NAIDU, 2012). Somente após o século XVII o cultivo do café foi difundido pelo mundo, sendo então produzido por holandeses e franceses, o que possibilitou que, pelas mãos dos colonizadores europeus, o café chegasse ao Suriname, São Domingos, Cuba, Porto Rico e Guianas. Assim, através das Guiana Francesa, o café chegou ao norte do Brasil (Belém), trazido pelo Sargento-Mor Francisco de Mello Palheta, no ano de 1727 (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Somente a partir do início do século XXI o café começou a ter importância na economia mundial, sendo considerado principal fonte de divisas, crescimento e desenvolvimento de muitos países (SILVA, 2002). O *Coffea arabica* L. é produzido principalmente na América Latina, sendo que os principais países produtores são Brasil, Colômbia, Honduras, Peru, Guatemala, México, Nicarágua e Costa Rica (ICO, 2021).

As regiões consideradas aptas para o cultivo de *Coffea arabica* L. são aquelas que apresentam temperatura média anual entre 19 e 22° C (MATIELLO *et al.*, 2010), desde que sejam regiões livres ou pouco sujeitas a ocorrência de geadas. Regiões que apresentam temperaturas médias anuais inferiores a 18 °C provocam atrasos demasiados no desenvolvimento dos frutos, cuja maturação pode sobrepor-se ou ultrapassar a florada seguinte, o que prejudica a vegetação e produção do cafeeiro, enquanto temperaturas superiores a 23 °C proporcionam a maturação demasiadamente precoce dos frutos (CAMARGO, 1985).

2.2 Formas de propagação do cafeeiro

A propagação do *Coffea arabica* L. e *Coffea canéfora* pode ser realizada de duas maneiras, sexuada ou assexuada. A primeira forma é aquela na qual se utiliza sementes para produzir as mudas. A forma assexuada pode ocorrer por vários métodos, desde produção de mudas via enraizamento de estacas, enxertia hipocotiledonar (MATIELLO; BARROS, 1991), enxertia em mudas mais desenvolvidas, até processos de embriogênese somática via cultura de tecidos, sendo as estruturas vegetativas a base desses métodos.

O principal método de propagação do *Coffea arabica* L. é por meio da utilização de mudas produzidas sexuadamente, por se tratar de uma planta autógama, predominantemente autopolinizada (PINTO, 2017). Entretanto, para que haja homozigose nas mudas produzidas

por sementes, a cultivar deve estar em homozigose, o que ocorre geralmente nas gerações F₆ ou F₇. Em certas ocasiões, a exemplo dos processos de melhoramento genético, a propagação do cafeeiro por sementes se torna demorada e onerosa, estendendo os trabalhos por longos anos. Por outro lado, a utilização de mudas clonais é uma alternativa interessante, pois permite a reprodução de híbridos altamente produtivos e resistentes às principais pragas e doenças da cultura, produzindo-se clones, em curto prazo (DOMINGHETTI *et al.* 2017).

A enxertia constitui um dos processos de propagação vegetativa no qual um fragmento de planta, capaz de desenvolver um novo broto (enxerto), é inserido a uma outra planta de espécie diferente ou não (porta-enxerto), constituindo uma única planta, passando a viver em auxílio mútuo ou recíprocos. Desta forma, uma planta enxertada compõe-se de duas partes principais: o enxerto e o porta-enxerto (CÉSAR, 1985).

A introdução de métodos simples que permitam a clonagem do cafeeiro pode ser útil em programas de melhoramento genético e para a produção comercial de mudas, visto que, com a possibilidade de aproveitamento do vigor híbrido para a produtividade nessa espécie, observa-se aumento no interesse pela propagação vegetativa de híbridos F₁, em escala comercial (REZENDE *et al.*, 2017). Portanto, a propagação vegetativa de híbridos F₁ associada a sistemas radiculares resistentes a nematóides, estresse hídrico ou outros fatores bióticos/abióticos pode representar uma revolução no cultivo do cafeeiro nos próximos anos.

2.3 Morfologia do cafeeiro

Estudos morfológicos contribuem no entendimento da sistemática vegetal e fisiologia, uma vez que observam as formas e estruturas das plantas. Em plantas de cafeeiro, é uma ferramenta importante pois auxilia no manejo levando em conta as características vegetais como um todo: raiz, caule, folha, ramo, flor e fruto (Ricci *et al.*, 2013). Além disso, algumas variáveis morfológicas como altura e largura de parte aérea, peso e calibre de frutos são essenciais na aferição das características produtivas e de qualidade (De Oliveira *et al.*, 2021).

No Brasil, as espécies de maior valor comercial são *Coffea arabica* L. (café arábica) e *Coffea canephora* Pierre (café conilon e robusta). Respeitar a morfologia do cafeeiro reflete na qualidade final da bebida, pois afeta o perfil químico e sensorial dos grãos de café (Lemos *et al.*, 2020). Além da bebida, o café e seus subprodutos (resíduos) são apreciados em outras indústrias, a exemplo da indústria química (para extração de compostos bioativos), indústria cosmética, na produção de biomassa para a geração de energia e biogás, produção de carvão ativado e na indústria alimentícia (como fortificador em pães e massas) (Durán *et al.*, 2017).

O cafeeiro é uma planta de porte arbustivo ou arbóreo, de caule lenhoso, lignificado, reto e quase cilíndrico (Souza et al, 2014). Possui como característica principal a bienalidade de produção, com significativa alternância de produtividade ao longo dos anos (Laviola et al., 2007). Na parte aérea, os ramos apresentam dimorfismo relacionado à direção do seu crescimento, classificados como ortotrópicos (crescimento vertical) e plagiotrópicos (crescimento horizontal) (Colodetti et al., 2020). No cafeeiro, o sistema radicular varia de acordo com fatores genéticos e ambientais (e a idade da planta, espécie, clima, densidade de plantio, condições do solo), sendo formado por uma raiz pivotante, geralmente ultrapassando 0,45 m e de característica reta e lenhosa (Gómez-Gonzalez et al., 2018). A partir desta raiz, raízes secundárias vão sendo formadas, com alta capacidade de absorção de águas e nutrientes.

As folhas são responsáveis pelos processos fotossintéticos e geralmente são elípticas e se encontram nos ramos plagiotrópicos, opostas uma das outras. Além disso, a coloração das folhas pode dar indícios de problemas na sanidade e nutrição do cafeeiro (Pereira; Sat'ana, 2023). As folhas de café também são um recurso promissor na área de alimentos, química e farmácia, uma vez que são ricas em fitoquímicos (alcaloides, compostos fenólicos, terpenos, fitoesteróis e carotenoides) (Chen, 2019). As flores são os órgãos reprodutivos das plantas e no cafeeiro as axilas florais produzem gemas uma única vez. Neste contexto, as produções passam a se concentrar na extremidade dos ramos (Queiroz-Voltan et al., 2006). Assim como as folhas, as flores do cafeeiro são subprodutos pouco explorados, ricos em compostos antioxidantes (trigonelina e cafeína) de interesse da indústria alimentícia e farmacêutica (Pinheiro et al., 2021).

A parte de maior interesse econômico são os frutos, que acumulam amido e açúcares. Os frutos são do tipo drupa elipsóide contendo dois locus e geralmente duas sementes, podendo apresentar três ou mais, sendo o endosperma a parte de maior valor no grão (Silva et al., 2006). A depender da cultivar, os frutos podem ser externamente amarelados ou vermelhos. Café bebida mole apresentam maior concentração de lipídeos na região periférica do grão enquanto os café bebida dura e rio possuem a camada lipídica distribuída de forma homogênea nos tecidos dos grãos, dispersos irregularmente nos espaços celulares (Goulart et al., 2007). Ao final do ciclo produtivo, têm-se as etapas decisivas: colheita, secagem e processamento. Durante essas etapas, deve-se ter cuidado, para que não se perca ou prejudique a qualidade do produto obtido, durante o ano de cultivo. Depois de processados adequadamente, os frutos são consumidos na forma de infusão (Sobreira et al., 2016).

2.4 Enxertia do cafeeiro

Em 1887 surgiu o processo de enxertia do cafeeiro, uma vez que os produtores de *C. arabica* L., da ilha de Java, começaram a enxertar cafeeiros da espécie *Coffea arabica* L. sobre *Coffea liberica*, visando produzir mudas mais tolerantes aos fitonematóides, visto que a espécie *C. liberica*, apesar de ser atacada por nematoides, apresentavam maior potencial de produção em áreas infestadas (ZIMMERMANN, 1901 citado por MENDES, 1938). Nessa época, era realizada a sementeira de *C. arabica* e *C. liberica* em linhas paralelas muito próximas. A enxertia se processava por meio do método de encostia, quando as plantas se encontravam no estágio de folhas cotiledonares totalmente expandidas ('orelha de onça'). Após a brotação da parte enxertada, ou era cortada a parte inferior do *Coffea arabica* e a parte superior ao enxerto do *C. liberica*, ou apenas esta última do libérica, ficando a planta com os dois sistemas radiculares (DIAS, 2006).

A enxertia é um importante método para atenuar inúmeros problemas que limitam a produtividade agrícola, podendo ser utilizada para minimizar danos causados por nematóides e doenças. Grande parte das pesquisas realizadas com enxertia em café tem utilizado o sistema radicular de *Coffea canephora* em cultivares de *Coffea arabica* L. como controlador de danos causados por nematoides e deficiência hídrica (FAHL *et al.* 1998; JULCA *et al.* 2018; GARCIA; CASTILHO, 2019; MYERS *et al.*, 2020).

A técnica de enxertia mais utilizada no cafeeiro é a garfagem hipocotiledonar, descrita por Reyna (1966), sendo realizada logo após a emergência da plântula, no estágio de 'palito de fósforo' ou 'folhas cotiledonares'. É uma técnica simples que proporciona alta taxa de pegamento das mudas (SOUZA *et al.*, 2002). Essa metodologia de enxertia não permite realizar a propagação vegetativa de híbridos F₁, visto que necessita de duas sementes de genótipos em homozigose e distintos, para a produção de uma muda com as características desejadas (MORAES & FRANCO, 1973).

O enxerto envolve a junção de dois fragmentos de plantas diferentes, os quais se fundirão para formar uma única planta, sendo que a nova unidade vegetal começa com a conexão tecidual entre o porta-enxerto e o enxerto, nos pontos de enxertia, prossegue com uma vigorosa fase de divisão celular que resulta na formação de um calo e parede celular comum e termina com o estabelecimento de um sistema de vascular único (YIN *et al.*, 2012; MELNYK; MEYEROWITZ, 2015). O primeiro que se reconecta é o floema, depois o crescimento radicular reinicia, e no final, o xilema é reconectado (MELNYK; MEYEROWITZ, 2015).

Segundo Baroni e Martins (2006), a utilização de enxertia em cafeeiros pode possibilitar a produção de plantas altamente resistentes e produtivas. Plantas produzidas por enxertias podem proporcionar o desenvolvimento de mudas mais saudáveis e resistentes (ORMOND *et al.*, 2003 citado por BARONI e MARTINS, 2006).

Existem diversas formas para a realização de enxertia, dentre as quais pode-se citar a borbulhia, garfagem e encostia (MODESTO; SIQUEIRA, 1981). A garfagem é um método de enxertia que consiste na retirada de uma porção do ramo em forma de cunha ou bisel (enxerto), que em *Coffea arabica* L. deve ser extraído de um ramo ortotrópico, contendo uma ou mais gemas, para ser introduzido no porta-enxerto (FACHINELLO *et al.*, 2005).

Para garfagem em fenda cheia, no porta-enxerto é realizada uma fenda que se estende por 2 a 3 cm no sentido vertical. O enxerto a ser inserido nessa fenda deve apresentar forma de bisel. Tanto o porta-enxerto, quanto o enxerto, devem apresentar o mesmo diâmetro. A técnica de garfagem de fenda vazia é realizada fazendo uma cunha na região do porta-enxerto que receberá o enxerto, e a fenda deve ser aberta na região do enxerto que será inserida ao porta-enxerto. Para garfagem pelo método inglês complicado, o enxerto e porta-enxerto devem possuir forma de bisel. O bisel e a incisão devem apresentar o mesmo comprimento. Para essa prática da enxertia é necessário que o enxerto e o porta-enxerto apresentem o mesmo diâmetro. Realiza-se um corte em bisel tanto no enxerto quanto no porta-enxerto, uma fenda vertical deve ser aberta no centro das duas regiões a serem ligadas, e é feita a união dessas duas partes (LOPES *et al.*, 2016).

A borbulhia é um método da enxertia que consiste na justaposição de uma única gema sobre um porta-enxerto (SIMÕES; CARVALHO, 2006). No método de propagação vegetativa por borbulhia, a prática da enxertia consiste em destacar uma gema vegetativa ou borbulha da planta matriz, planta a qual se deseja propagar e obter frutos, e introduzi-la em porta-enxerto (LOPES *et al.*, 2016). No método de propagação por meio da borbulhia em T normal, é realizado uma fenda no porta-enxerto com uma lâmina bem afiada, no sentido transversal e, após, no sentido perpendicular, de modo a formar um T. O escudo ou gema lateral do enxerto é retirado, segurando o ramo em posição invertida. Deste modo, prende-se a gema lateralmente ou pelo pecíolo, levantando a casca com o dorso da lâmina e introduzindo a gema. Corta-se o excesso, amarrando de cima para baixo. A multiplicação de plantas por borbulhia em T invertido (FIGURA 2), procede de modo semelhante ao T normal. A diferença ocorre apenas na posição normal do ramo para a retirada da gema lateral e o modo de introduzir e amarrá-la no porta-enxerto. A introdução da gema no porta-enxerto, bem como a amarração, é realizada de baixo para cima. Esta forma de borbulhia apresenta vantagem sobre o anterior, por evitar a

penetração da água, o transporte e contato de possíveis microrganismos que podem causar alguma patologia durante o processo de enxertia, e por ser mais fácil de manejar (LOPES *et al.*, 2016).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização geral dos experimentos

Para definir quais são as melhores técnicas a serem adotadas na realização de enxertias em *Coffea arabica* L., instalou-se quatro ensaios, conduzidos em casa de vegetação na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), e um ensaio em área experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA), ambas instituições localizadas no município de Lavras-MG, latitude 21°14'30" Sul e longitude 45°00'10" Oeste e altitude de 918,8 m.

A casa de vegetação foi coberta com filme plástico, sobre o qual foram colocadas telas de polipropileno (Sombrite® 50%). A cobertura foi feita quatro metros acima do nível do solo, o que propicia um ambiente com temperaturas amenas e menor perda de água das mudas recém enxertadas, contribuindo para elevados índices de pegamento das enxertias. As laterais foram fechadas com telas antiafídica. O substrato utilizado para o enchimento dos recipientes e produção dos porta-enxerto foi a base de turfa e casca de pinus, adicionado de 350 gramas de adubo de liberação lenta (19% N; 6% P; 10 % K) para cada 20 litros de substrato. O controle de pragas e doenças foi realizado quimicamente, após aparecimento dos primeiros sintomas.

O sistema de irrigação automático, foi acionado de cinco em cinco minutos, durante 30 segundos, que era ligado às quatro horas da manhã, perfazendo um percurso de 22 horas de irrigação, com desligamento automático as duas horas da manhã. Esse esquema foi mantido por dois meses após a realização das enxertias, que garantiu umidade relativa média da casa de vegetação em 85% e temperatura média de 20,6 °C. Na sequência foi realizado o processo de aclimação, no qual por uma semana, o sistema de irrigação foi acionado de uma em uma hora, por um minuto, na semana seguinte esse intervalo de irrigação foi de três horas, para que nas próximas semanas até o fim do experimento, as plantas estivessem aclimatizadas e recebendo irrigação apenas três vezes ao dia. Nesse período a temperatura média da casa de vegetação se manteve em 17,7 °C.

Para a formação dos porta-enxertos, foram utilizadas sementes oriundas da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), especificamente do material genético Mundo Novo IAC 379/19. Após preparadas e secadas, as sementes foram semeadas em

germinador de aproximadamente 20 centímetros de profundidade e cobertas com uma camada de meio centímetro de areia. Para evitar a perda de água, foi colocada uma camada de folhas de gramíneas secas sobre o canteiro. Ao iniciar o aparecimento das plântulas, a camada vegetal foi retirada. Quando no estágio de folhas cotiledonares totalmente expandidas, ‘orelha de onça’, as mudas foram repicadas para os devidos recipientes, a fim de melhor padronização do desenvolvimento inicial. Os recipientes contendo as mudas foram colocados em canteiros suspensos, um metro acima do nível do solo, e mantidos em casa de vegetação por cerca de seis meses, para atingirem diâmetro de caule na região do colo, de aproximadamente 3,5 mm.

As brotações utilizadas para a realização das enxertias foram provenientes de um talhão de café arábica cultivar Catuaí vermelho IAC144 pertencente ao campo experimental da UFLA. As plantas matrizes das quais foram retiradas as brotações, foram podadas três meses antes da realização das enxertias, a fim de aumentar a emissão de ramos ortotrópicos. Foi realizada irrigação em cada planta matriz com aproximadamente 100 litros de água 24 horas anteriormente à coleta das brotações. Os brotos, enxertos, foram coletados no período de 8:00 às 10:00 horas e submergidos em água para que não ocorresse o rompimento da coluna d’água no xilema, conforme metodologia descritas por Ono e Rodrigues (1996). Em seguida, foram levados para a casa de vegetação, onde os brotos (que também podem ser chamados de garfos) e porta-enxertos, foram preparados para a realização das enxertias.

O preparo dos porta-enxerto foi realizado por meio da poda do ramo ortotrópico na altura desejada, e as folhas ali presentes foram reduzidas a um terço do seu tamanho. Para as enxertias do tipo borbulhia, foram retiradas gemas dos ramos ortotrópicos da planta matriz, os quais foram fixados no porta-enxerto por meio da abertura de uma região da epiderme em forma de T normal ou T invertido. Após inserida no porta-enxerto, essa enxertia foi vedada com uma tira de plástico transparente (Parafilm®), de aproximadamente 1 cm de largura e 5 cm de comprimento, a fim de melhor fixar o enxerto e evitar a perda de água do local.

Para as enxertias do tipo garfagem fenda cheia, após a preparação dos garfos, foi realizado um corte em cunha de aproximadamente 1,5 cm, na base do garfo, com o auxílio de um estilete. Fez-se uma fenda de cerca de 1,5 cm, na parte central do porta-enxerto, onde o garfo foi inserido, de forma que pelo menos um dos lados estivesse em contato com o câmbio vascular do porta-enxerto. Em seguida, a região da enxertia foi coberta com uma fita de plástico transparente (Parafilm®), com cerca de 1 cm de espessura e 5 cm de comprimento, com a finalidade de atar o enxerto e evitar a perda de água.

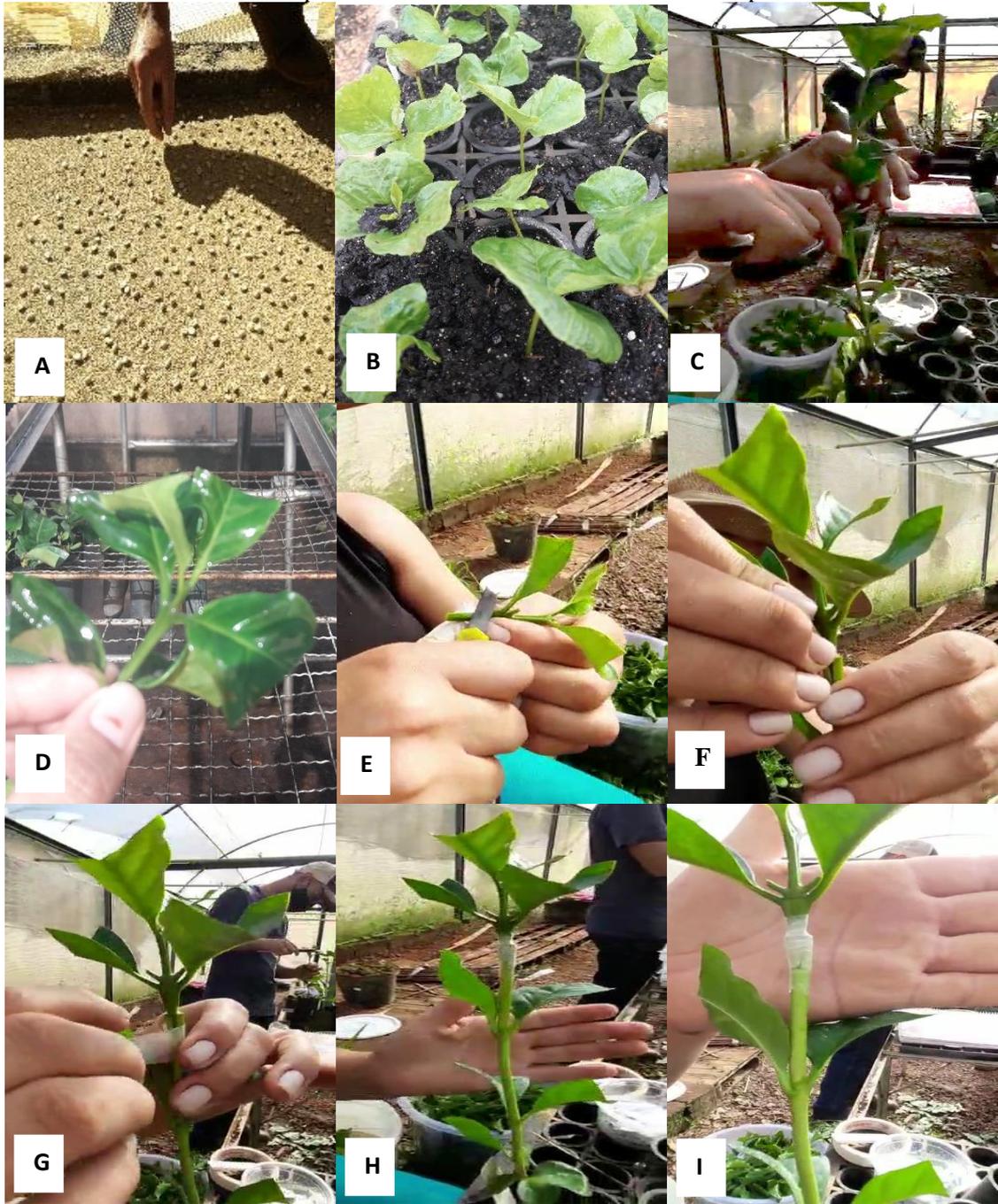
O mesmo procedimento foi realizado para enxertia em fenda vazia, porém, neste método, o corte em cunha é realizado na haste do porta-enxerto, e a fenda para encaixe é aberta na base do garfo.

Para enxertia do tipo inglês complicado foi realizado o mesmo procedimento, porém o corte da região da enxertia foi em forma de bisel, com aproximadamente 1,5 cm, e ao meio desse bisel foi aberta uma fenda, na qual fixou-se o garfo ao porta-enxerto, esse bisel foi feito na base do garfo e na haste do porta-enxerto.

As avaliações foram efetuadas no dia da realização das enxertias e 150 dias após, sendo avaliadas todas as plantas para as seguintes características: altura total, diâmetro da base do porta-enxerto, diâmetro da região do enxerto, pegamento, área foliar, massa seca do sistema radicular e da parte aérea, crescimento do broto, número de pares de folhas e índice de qualidade de Dickson.

Diante da importância em transmitir o procedimento para a realização de trabalhos complementares, a Figura 1 apresenta o passo a passo utilizado no processo de enxertia, pelo método de garfagem por fenda cheia, conforme descrito anteriormente.

Figura 1 -Fotos demonstrando o processo de enxertia em *Coffea arabica* L. pelo método de fenda cheia.



* Legenda: Semeio (A), mudas recém repicadas para tubete (B), poda e limpeza do porta-enxerto (C), broto para ser enxertado (D), realização da cunha para encaixe do enxerto ao porta-enxerto (E), inserção do enxerto na fenda do porta-enxerto (F), vedação da região do enxerto (G), muda enxertada (H, I).

Fonte: Da autora (2022).

2.2 Descrição dos experimentos

2.2.1 Experimento I: avaliação de cinco métodos de enxertia em *Coffea arabica* L.

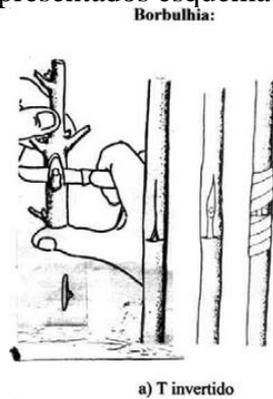
O experimento foi conduzido no período de maio de 2019 a agosto de 2020. Inicialmente foram produzidos os porta-enxertos oriundos de sementes germinadas em caixas germinadoras. No momento em que as mudas estavam aptas a receber os enxertos foi instalado o ensaio em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos, cada um composto por quatro repetições e as parcelas experimentais constituídas por cinco plantas. Os tratamentos avaliados foram cinco métodos de enxertia (fenda cheia, fenda vazia, inglês complicado, borbulhia em T normal e borbulhia em T invertido). As mudas foram produzidas em recipientes com 270 ml de volume de substrato e todos os procedimentos de enxertias foram realizados à aproximadamente 20 cm de altura acima do colo do porta-enxerto. Utilizou-se brotos ortotrópicos com meristema apical, dois nós, três entrenós e dois pares de folhas livres de pragas e doenças. Os demais procedimentos foram realizados conformes descrições já apresentadas no subitem 2.1.

Figura 2 – Métodos de enxertia representados esquematicamente. Borbulhia em T normal; garfagem em fenda (descrita neste trabalho como garfagem em fenda cheia), garfagem em fenda a cavalo (que é conhecida também como garfagem em fenda vazia) e garfagem a inglês complicado.



Fonte: ICIAG (2003).

Figura 3 – Método de enxertia representados esquematicamente. Borbulhia em T invertido.



Fonte: Marranca (1986).

2.2.2 Experimento II: avaliação de três métodos de enxertia inseridas em diferentes alturas no porta-enxerto, para produção de mudas de *Coffea arabica* L.

Para definir qual a melhor altura no porta-enxerto, que melhore a eficiência dos processos de enxertia foi realizado o presente ensaio. Este foi conduzido no período de maio de 2020 a junho de 2021 e instalado no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4, sendo três métodos de enxertia (fenda cheia, fenda vazia e inglês complicado) e quatro alturas de inserção da enxertia ao porta enxerto (10, 15, 20 e 25 cm), totalizando 12 tratamentos, composto por quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída por cinco plantas.

De forma semelhante ao experimento I, inicialmente foram obtidos os porta-enxertos, oriundos de sementes. Contudo, estes foram conduzidos em recipientes com capacidade de aproximadamente 850 ml de volume de substrato. No momento em que as mudas se encontraram aptas a receberem os enxertos realizou-se o processo de enxertia que ocorreu no dia 24 de fevereiro de 2020. Foram utilizados os mesmos tipos de brotos ortotrópicos no procedimento de enxertia. Os demais procedimentos foram descritos no subitem 2.1, sendo utilizados apenas os métodos de enxertia por garfagem.

2.2.3 Experimento III: avaliação de dois métodos de enxertia para produção de mudas de *Coffea arabica* L. em três volumes de substrato

O experimento foi conduzido no período de maio de 2020 a julho de 2021, e foi instalado em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2 x 3, sendo dois métodos de enxertia (fenda cheia, fenda vazia) e três volumes de recipiente (250

ml -tubetes cônicos de polietileno-, 850 ml -sacolas plásticas tradicionais 11x22 cm-, 1800 ml -sacolão 14x28 cm), totalizando seis tratamentos, composto por cinco repetições. Cada parcela experimental foi constituída por quatro plantas.

Foram utilizados como enxertos brotos ortotrópicos semelhantes aos experimentos I e II, ou seja, com meristemas apicais. As enxertias foram realizadas na altura de 25 cm acima do colo do porta-enxerto e os demais procedimentos foram iguais aos descritos no subitem 2.1.

2.2.4 Experimento IV: avaliação de dois métodos de enxertia em relação a utilização de duas regiões do broto para produção de mudas enxertadas de *Coffea arabica* L.

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação no período de maio de 2020 a junho de 2021, em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois métodos de enxertia (fenda cheia, fenda vazia) e duas regiões do broto (apical, basal), totalizando quatro tratamentos, composto por seis repetições. Cada parcela experimental foi constituída por quatro plantas. As brotações apicais utilizadas apresentavam o meristema apical, dois nós e três entrenós. As brotações basais também apresentavam dois nós e três entrenós, porém não possuíam meristema apical.

Para a condução deste ensaio utilizou-se porta-enxertos acomodados em recipientes com capacidade para 850 ml de substrato, e as enxertias foram realizadas a uma altura de 25 cm acima do colo da muda, os demais procedimentos estão detalhados no subitem 2.1.

2.2.5 Experimento V: avaliação de quatro tipos de poda em duas épocas diferentes, em plantas matrizes de *Coffea arabica* L.

Visando esclarecer qual o procedimento que permite a obtenção de maior número de brotos ortotrópicos para as operações de enxertia foram realizados estes ensaios. Esses trabalhos foram conduzidos em uma lavoura experimental de café arábica, cultivar Catuaí vermelho IAC 144, no setor de cafeicultura da Universidade Federal de Lavras, localizada no município de Lavras-MG, na latitude 21°14'30" Sul e longitude 45°00'10" Oeste e altitude de 918,8 m. As lavouras foram plantadas em 2002, com espaçamento 3,5 x 0,7 m. Foram realizadas duas operações de podas, a primeira no mês de setembro (experimento I) e segunda no mês de novembro (experimento II) de 2020. As plantas eram mantidas a pleno sol, sem sistema de irrigação permanente, com tratos convencionais de adubação e controle de pragas e doenças.

Foram realizadas quatro modalidades de poda (palitamento com e sem decote, recepa com e sem pulmão). Para a realização das podas foram utilizados um aparador de cerca viva e um motosserra. Os tratamentos, portanto, foram:

Experimento I

- a) Palitamento com decote realizado em setembro
- b) Palitamento sem decote realizado em setembro
- c) Recepa sem pulmão realizado em setembro
- d) Recepa com pulmão realizado em setembro

Experimento II

- a) Palitamento com decote realizado em novembro
- b) Palitamento sem decote realizado em novembro
- c) Recepa sem pulmão realizado em novembro
- d) Recepa com pulmão realizado em novembro

Os delineamentos experimentais foram de blocos ao acaso (DBC), sendo quatro tipos de poda (palitamento com decote, palitamento sem decote, recepa com pulmão, recepa sem pulmão) e uma época de realização das podas para cada experimento (setembro, novembro), composto por 11 repetições cada um. Cada parcela experimental foi constituída por três plantas.

Após a realização das podas, foram realizadas três avaliações, 120, 180 e 300 dias após o procedimento. Foram avaliados o número de brotos pela contagem de todos os brotos ortotrópicos, os quais foram coletados para que não ocorresse nova contabilização dos mesmos.

2.3 Características mensuradas e análises estatísticas

O incremento em altura (AL) das mudas foi medido do colo até o meristema apical do ramo ortotrópico (cm). O incremento do diâmetro da base do caule ($\emptyset B$) foi medido na região do colo (mm). Incremento de diâmetro da região do enxerto ($\emptyset E$), medido na região mediana do enxerto (mm), essas características foram analisadas por meio de resultados do incremento apresentado pelo desenvolvimento da muda, o qual foi obtido pela subtração dos valores encontrados ao fim do experimento pelos valores iniciais. Na sequência, o pegamento (PEG) foi obtido calculando a porcentagem de mudas vivas, por meio da equação $PEG = (\text{número de mudas pega} * 100) / \text{número todas de mudas enxertadas}$. A área foliar (AF) foi estimada a partir da metodologia proposta por Barros *et al.* (1973), confirmada por Gomide *et al.* (1977), que consiste em medir o maior comprimento (X) e a maior largura (Y) de uma das folhas de cada par, desde que esta não possua comprimento inferior a 2,5 centímetros, com obtenção da área

folia de cada folha pela seguinte equação: $AF = X * Y * 0,667$. Massa seca da parte aérea (MSPA) foi obtida pela lavagem das mudas em água corrente, separação do sistema radicular e da parte aérea, secagem em estufa com circulação forçada de ar, em temperatura de 60 °C, até atingirem massa constante e pesagem do material em balança de precisão, sendo o resultado expresso em gramas. Para massa seca do sistema radicular (MSSR) o procedimento foi semelhante ao da característica anterior, nesse caso, pesou-se o sistema radicular. O crescimento do broto (CR) foi obtido pela diferença entre o comprimento final e inicial do broto (cm). Para número de pares de folhas (NF), foi feita a contagem numérica das folhas presentes na região acima do enxerto (pares). O índice de qualidade de Dickson - IQD (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960) é uma ferramenta para avaliar a qualidade de mudas em função da matéria seca total (MST), altura da parte aérea (AL), base do caule diâmetro ($\emptyset B$), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSSR), sendo expressa por:

$$IQD = \frac{MST}{\frac{AL}{\emptyset B} + \frac{MSPA}{MSSR}}$$

As análises estatísticas foram feitas, com base no delineamento estatístico adotado, realizando-se análise de variância dos dados a 5% de probabilidade pelo teste F, com utilização do software SISVAR (FERREIRA, 2014). Quando detectadas diferenças significativas, os fatores foram agrupados pelo teste de Scott-Knott. (1)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Experimento I: avaliação de cinco métodos de enxertia em *Coffea arabica* L.

Os métodos de borbulhia em T normal e invertido apresentaram zero por cento de pegamento. Esses tipos de enxertia por borbulhia, trata-se de uma técnica muito minuciosa, exigindo elevado nível de experiência para a execução. De acordo com Celant *et al.* (2010), ao analisarem os dados para os diferentes métodos de enxertia, constataram que os garfos possuem maior quantidade de reservas (carboidratos) do que as borbulhas, o que auxilia a cicatrização e brotação do enxerto. Esse fator pode ser o maior responsável pelas falhas de pegamento dos enxertos de *Coffea arabica* L. por borbulhia, pois os fragmentos de caule retirados juntos à gema foram pequenos, podendo as reservas serem insuficientes para o desenvolvimento da brotação inicial.

No Apêndice A é apresentado o resumo da análise de variância das características agronômicas em estudo para os três tipos de garfagem. Pelas análises estatísticas, não houve diferença significativa ao nível de 5%, entre os diferentes métodos de enxertia, para todas as características analisadas.

Esses resultados garantem eficiência das enxertias, uma vez que o sucesso do enxerto, crescimento e desenvolvimento dependem de vários fatores, incluindo tempo de enxertia, a compatibilidade entre as cultivares, o método de enxerto, a escolha do porta-enxerto e o ambiente (HARTMANN *et al.*, 2011). Conforme relatos de Binotto, Lúcio e Lopes (2010), o padrão de qualidade das mudas se baseia em parâmetros morfológicos externos, tais como: altura da parte aérea, o diâmetro do colo, a área foliar, massa seca do sistema radicular e da parte aérea.

Tabela 1 Médias das características agronômicas em função de diferentes métodos de enxertia em *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG 2022

Altura de enxertia	AL (cm)	ØB (mm)	ØE (mm)	AF (cm ²)	MSPA (g)	MSSR (g)	CB (cm)	NPF (pares)	PEG (%)	IQD
Inglês complicado	3,60	0,65	2,17	234,45	2,85	1,32	3,55	5,10	90,00	0,50
Fenda vazia	3,90	0,65	2,51	213,75	2,71	1,28	3,85	5,80	90,00	0,54
Fenda cheia	4,10	0,66	2,17	247,53	3,06	1,31	4,10	5,30	100,00	0,58
CV	8,12	37,55	14,78	10,23	13,36	12,08	11,27	11,90	14,29	17,54
Média	3,83	0,65	2,29	231,77	2,87	1,30	3,83	5,41	93,33	0,54

Não houve diferença significativas entre os tipos de enxertia, para todas as características avaliadas, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

*Legenda: Médias das características agronômicas incremento em altura (AL), incremento do diâmetro da base (ØB), incremento do diâmetro do enxerto (ØE), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), crescimento do broto enxertado (CB), número de pares de folhas (NPF), pegamento das enxertias (PEG) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em função dos diferentes métodos de enxertia em *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG, 2022.

Fonte: Da autora (2022).

Em relação à altura de plantas, as enxertias por garfagem apresentaram padrões igualitários, inferindo que esses três métodos resultam em mudas com o mesmo crescimento. Assim como para altura, o diâmetro da base também não apresentou diferença para os diferentes métodos, e de acordo com Silva *et al.* (2010), essas duas características são altamente correlacionadas, devendo ser impraticável a interpretação isolada de cada uma delas.

A não ocorrência de diferença significativa entre as porcentagens de pegamento podem indicar que a compatibilidade entre o porta-enxerto Mundo Novo IAC 379/19 e o enxerto Catuaí

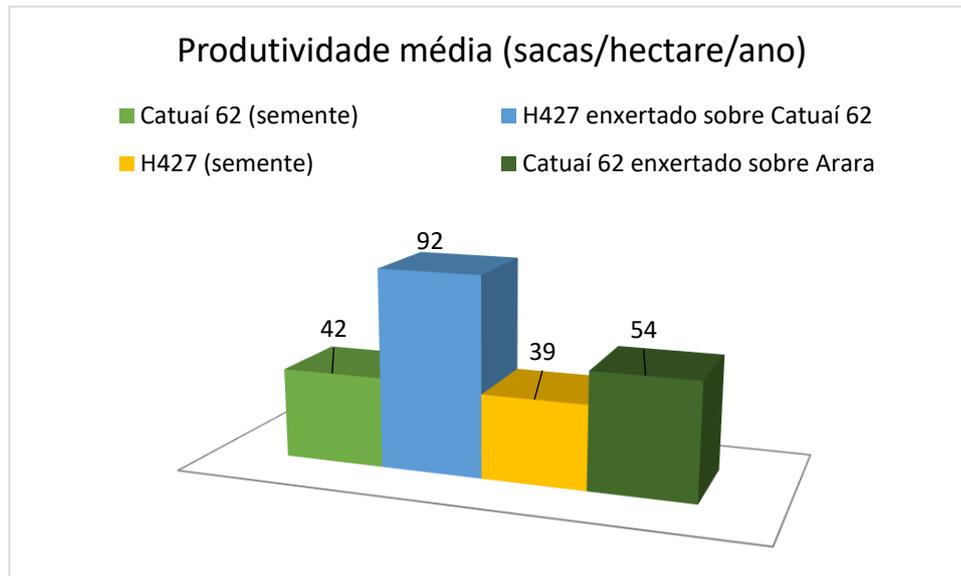
vermelho IAC 144 foi alta, visto que o índice médio de pegamento foi de 93%, para esses métodos. De acordo com trabalho desenvolvido por Tomaz et al. (2006), a assimilação líquida do CO₂, área foliar e crescimento radicular, foram significativamente maiores nas combinações de enxertia Catuaí vermelho IAC 144 (enxerto)/Mundo Novo IAC 379/19 (porta-enxerto) em relação aos respectivos pés-franco, sendo que o genótipo Mundo Novo IAC 379/19 apresentou alta capacidade geral de combinação entre enxerto e porta-enxerto, além do que, enxertia de café arábica em porta-enxerto da mesma espécie foi mais eficiente que em porta-enxertos de *Coffea canephora*.

Para classificar as mudas quanto à qualidade, foi utilizado o índice de qualidade de Dickson (IQD), que correlaciona várias características morfológicas (JOHNSON; CLINE, 1991), sendo considerado um bom indicador da qualidade das mudas, pois calcula a robustez e distribuição de biomassa considerando vários parâmetros importantes (FONSECA *et al.*, 2002). O valor mínimo o IQD que deve ser utilizado como padrão é de 0,20 em mudas de café (MARANA *et al.*, 2008; HUNT, 1990; ENCALADA *et al.*, 2017), garantindo assim, características mínimas para continuar crescendo em condição de campo e contratempos. Para o índice de qualidade de Dickson, os valores médios encontrados para as mudas foram 0,50 para inglês complicado, 0,58 para fenda cheia e 0,54 para fenda vazia. Vinent *et al.* (2021) estudando o crescimento de mudas de *Coffea arabica* L. encontraram valores entre 0,12 e 0,47, e consideraram os valores adequados. No presente experimento os valores encontrados estabelecem bons padrões de qualidade para as mudas produzidas.

O índice de qualidade de Dickson alto significa adequada relação entre altura e diâmetro do caule e uma boa relação entre parte aérea e sistema radicular, o que assegura um comportamento em campo com alto potencial de crescimento radicular e trocas gasosas (VINENTE *et al.*, 2021).

A importância de explorar a enxertia em *Coffea arabica* L. vêm sendo observada por pesquisadores e cafeicultores, sendo que em teste realizado na Fazenda Amizade Agropecuária Ltda em Campos Altos-MG foram detectadas grandes produtividades do Híbrido identificado com H427 (advindo de uma planta específica, localizada no campo experimental da EPAMIG de Patrocínio-MG - sementes em F2) enxertado sobre Catuaí 62, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Produtividade média de mudas produzidas por semente e enxertia, resultados referentes aos dois primeiros anos de produção (colheita de 2020 e 2021).



Fonte: Da autora (2022).

3.2 Experimento II: avaliação de três métodos de enxertia inseridas a quatro diferentes alturas no porta-enxerto para produção de mudas de *Coffea arabica* L.

De acordo com o resumo da análise de variância (APÊNDICE B), para as características pegamento e número de pares de folhas houve diferença significativa ao nível de 5% para a interação métodos de enxertia x altura do porta-enxerto. Para o método de enxertia, diferença significativa foi observada para as características incrementos em altura, diâmetro da base, diâmetro do enxerto, área foliar e crescimento do broto. E para as diferentes alturas de enxertia, houve diferença significativa a 5 % de probabilidade, para incrementos em altura, diâmetro da base, diâmetro do enxerto, área foliar, matéria seca da parte aérea e sistema radicular, crescimento do broto e número de pares de folhas.

Independentemente do método de enxertia, aquelas realizadas a 15, 20 e 25 cm de altura apresentaram maior incremento em altura, maior incremento do diâmetro na base do caule e no ponto de enxerto, além de maior crescimento do broto, os quais garantiram maior o índice de qualidade de Dickson para essas alturas de enxertia. Ao ser realizada a enxertia, os tecidos calosos da copa e do porta-enxerto se encontram parcialmente. Contudo, já ocorre a passagem de água e nutrientes de um para o outro, iniciando o mecanismo de pega, que pode ser

dificultado quando realizada em uma altura baixa (DIAS et al., 2009). Entretanto, ao analisar os dados de área foliar e matéria seca da parte aérea e sistema radicular, valores superiores foram encontrados para enxertias realizadas a 25 cm de altura (TABELA 2).

Tabela 2 Médias das características agrônômicas em função de diferentes métodos de enxertia em *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG 2022

Altura de enxertia	AL (cm)	ØB (mm)	ØE (mm)	AF (cm ²)	MSPA (g)	MSSR (g)	CB (cm)	IQD
10cm	7,90 b	0,83 b	1,16 b	487,72 c	3,28 d	0,85 c	6,88 b	0,45 b
15cm	9,96 a	1,04 a	1,62 a	663,50 b	3,78 c	1,39 b	9,17 a	0,63 a
20cm	9,99 a	1,09 a	1,67 a	686,24 b	5,98 b	1,55 b	9,06 a	0,66 a
25cm	10,49 a	1,09 a	1,72 a	801,67 a	7,43 a	2,15 a	9,94 a	0,86 a
CV (%)	18,19	23,17	29,97	16,72	16,10	18,54	14,31	24,10
Média	9,37	1,01	1,54	659,79	5,39	1,49	8,76	0,65

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

*Legenda: Médias das características agrônômicas incremento em altura (AL), incremento do diâmetro da base (ØB), incremento do diâmetro do enxerto (ØE), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), crescimento do broto enxertado (CB) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em função das diferentes alturas de enxertia em *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG, 2022.

Fonte: Da autora (2022).

Analisando a variação na tabela de médias para os diferentes métodos de enxertia (TABELA 3), aquelas realizadas por fenda cheia apresentaram valores superiores para as características ØB, AF e CB. O menor diâmetro da região do enxerto para esse método pode ter ocorrido em função de uma menor exigência celular da planta para a conexão vascular entre enxerto e porta-enxerto, gerando pouco espessamento dessa região.

Tabela 3 Médias das características agrônômicas em função de diferentes métodos de enxertia em *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG 2022

Método de enxertia	AL (cm)	ØB (mm)	ØE (mm)	AF (cm ²)	MSPA (g)	MSSR (g)	CB (cm)	IQD
Fenda cheia	9,97 a	1,15 a	1,02 b	715,50 a	5,74 a	1,48 a	9,46 a	0,67 a
Fenda vazia	9,52 a	0,95 b	1,81 a	616,53 b	5,06 a	1,44 a	8,63 b	0,59 a
Inglês complicado	8,61 a	0,93 b	1,77 a	647,32 b	5,35 a	1,52 a	8,20 b	0,69 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

*Legenda: Médias das características agrônômicas incremento em altura de plantas (AL), incremento do diâmetro da base (ØB), incremento do diâmetro do enxerto (ØE), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), crescimento do broto enxertado (CB) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em função dos diferentes métodos de enxertia em *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG, 2022.

Fonte: Da autora (2022).

Para enxertias realizadas pelo método inglês complicado, a 10 cm acima do colo da planta, foram observadas as menores taxas de pegamento e número de folhas por planta. Além disso, para todas as características avaliadas, nas enxertias realizadas nessa altura, os valores observados foram inferiores aos demais (TABELAS 4 e 5). Para enxertias realizadas a 15, 20 e 25 cm de altura, independentemente do método utilizado, as taxas de pegamento são estatisticamente iguais. A maior porcentagem média de pegamento observada, a 15 cm de altura, e maiores AL e ØB corroboram com os resultados encontrados por Thokchom e Singh (2018), ao estudarem as melhores alturas de enxertia para *Citrus reticulata* e tangerina, encontraram valor de 86,67% de pegamento para aquelas realizadas 15 cm acima do colo da planta, assim como maiores valores de diâmetro de caule e altura de plantas. Entretanto, para o presente trabalho pode-se considerar que as alturas de 20 e 25 cm também apresentam taxas de pegamento satisfatórias, pois não diferiram estatisticamente do tratamento a 15 cm.

Com exceção das enxertias realizadas pelo método inglês complicado 10 cm acima do colo da muda, as demais interações entre altura e método de enxertia apresentaram valores satisfatórios em relação ao pegamento e número de folhas produzidas. Pode-se inferir que o método de enxertia por inglês complicado a 10 cm de altura, diminuiu a taxa de pegamento e crescimento da muda (TABELAS 4 e 5).

Tabela 4 Médias para pegamento (%) em função dos diferentes métodos e alturas de enxertia (inglês complicado, fenda vazia e fenda cheia) inseridas a diferentes alturas (10, 15, 20 e 25 cm), realizadas em mudas em *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG, 2022

Métodos de enxertia	% PEGAMENTO			
	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
Inglês complicado	50 Bb	90 Aa	75 Aa	75 Aa
Fenda vazia	75 Aa	90 Aa	70 Aa	75 Aa
Fenda cheia	90 Aa	90 Aa	90 Aa	80 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2022).

O maior sucesso quanto a produção de folhas, foi observado nas enxertias realizadas a 15, 20 e 25 cm de altura, independentemente do método utilizado. As enxertias realizadas a 10 cm, quando associadas ao método de inglês complicado, apresentaram redução na produção de folhas e índice de pegamento (TABELAS 4 e 5). Quanto mais rápido ocorrer a formação de folhas em uma muda, mais reduzido será o custo de sua produção, pois haverá diminuição no tempo de permanência no viveiro, uma vez que para determinação do momento de levar as mudas para campo é feita pela presença de determinado número de folhas totalmente desenvolvidas na muda.

Tabela 5 Tabela de médias para número de folhas (pares) em função dos diferentes métodos de enxertia (inglês complicado, fenda vazia e fenda cheia) inseridas a diferentes alturas (10, 15, 20 e 25 cm), realizadas em mudas de *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG, 2022

Métodos de enxertia	NÚMERO PARES DE FOLHAS			
	10 (cm)	15 (cm)	20 (cm)	25 (cm)
Inglês complicado	3,63 Bb	6,30 Aa	6,05 Aa	6,56 Aa
Fenda vazia	4,98 Aa	5,64 Aa	6,05 Aa	6,25 Aa
Fenda cheia	4,31 Aa	5,28 Aa	5,76 Aa	7,60 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2022).

No presente trabalho, enxertias realizadas a 25 cm de altura pelo método fenda cheia, apresentaram os maiores resultados para todas as características agrônômicas em estudo (TABELAS 3, 4 e 5). Ao realizar a poda do porta-enxerto nessa altura, maior quantidade de fotoassimilados é conservada no ramo que receberá o garfo, possibilitando aceleração de inúmeros processos, maior crescimento radicular, que resulta em maior absorção de água e nutrientes, acelerando o processo de cicatrização e, conseqüentemente, melhor

desenvolvimento da muda. Chalise, Paudyal e Srivastava (2013) consideram que o sucesso do enxerto é o principal critério para escolha de uma metodologia adequada da enxertia.

3.3 Experimento III: avaliação de dois métodos de enxertia para produção de mudas de *Coffea arabica* L. em diferentes volumes de substrato

Para as avaliações de nove características agrônômicas de *Coffea arabica* L. em função do método de enxertia (garfagem do tipo fenda cheia e fenda vazia) e diferentes volumes de substrato (270, 850 e 1800 ml), não houve diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade, quando analisada a interação entre método de enxertia e volume de substrato. Para os diferentes métodos de enxertia, foram detectadas diferenças significativas para incremento do diâmetro da região do enxerto, área foliar e pegamento. Para a característica pegamento das enxertias não foi detectada diferença significativa entre os diferentes volumes de substrato testados, para todas as demais características, foram detectadas diferenças significativas nas análises de probabilidade a 5% de probabilidade (APÊNDICE C).

Em relação aos diferentes métodos de enxertia, foram detectados menores valores para diâmetro na região do enxerto em garfagem tipo fenda cheia, que apresentou maior porcentagem de pegamento (TABELA 6). Esse menor diâmetro da região do enxerto pode ocorrer em função de uma maior facilidade de conexão entre enxerto e porta-enxerto, pela configuração estrutural da técnica, apresentando alta taxa de pegamento. Para as demais características não houve diferença significativa de desenvolvimento entre os dois tipos de enxertia, reforçando o fato de que ambas as técnicas proporcionaram desenvolvimento satisfatório das mudas de *Coffea arabica* L.

Tabela 6 Médias das características agronômicas em função de diferentes métodos de enxertia em *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG 2022

Método enxertia	AL (cm)	ØB (mm)	ØE (mm)	AF (cm ²)	MSPA (g)	MSSR (g)	CB (cm)	NPF (pares)	PEG (%)	IQD
Fenda cheia	6,29 a	1,06 a	1,67 b	356,00 a	6,94 a	2,65 a	5,08 a	7,67 a	95,00 a	1,34 a
Fenda vazia	5,89 a	0,89 a	2,27 a	315,49 a	6,33 a	2,74 a	5,11 a	6,83 a	80,00 b	1,32 a
CV(%)	18,49	24,11	32,24	22,11	15,56	16,41	17,69	18,70	18,07	16,72
Média	6,09	0,97	1,97	335,75	6,64	2,69	5,09	7,25	87,50	1,33

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de significância pelo teste de Scott-Knott.

*Legenda: Médias das características agronômicas altura de plantas (AL), diâmetro da base (ØB), diâmetro do enxerto (ØE), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), crescimento do broto enxertado (CB), número de par de folhas (NPF), pegamento (PEG) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em função dos diferentes métodos de enxertia (fenda cheia e fenda vazia) utilizados para a produção de mudas de *Coffea arabica* L.. UFLA, Lavras, MG, 2022.

Fonte: Da autora (2022).

Para crescimento em altura e crescimento de brotos, os recipientes sacolinha e sacolão apresentaram maiores resultados. O índice de qualidade de Dickson foi superior para as mudas produzidas em sacolão. Para pegamento das mudas, não houve diferença significativa entre os três volumes de substrato utilizados. Entretanto, para as demais características a sacolinha e o tubete apresentaram desenvolvimento inferior ao sacolão (TABELA 7)

Tabela 7 Médias das características agronômicas em função de diferentes métodos de enxertia em *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG 2022

Volume substrato (ml)	AL (cm)	ØB (mm)	ØE (mm)	AF (cm²)	MSPA (g)	MSSR (g)	CB (cm)	NF (pares)	PEG (%)	IQD
270 Tubete	4,75 b	0,89 b	1,74 b	334,17 b	6,12 b	2,69 b	3,85 b	6,96 b	85,5 a	1,27 b
850 Sacolinha	6,56 a	0,86 b	1,68 b	238,59 c	5,38 b	2,23 b	5,67 a	5,95 b	90,0 a	1,05 b
1800 Sacolão	6,96 a	1,16 a	2,50 a	434,49 a	8,41 a	3,16 a	5,76 a	8,85 a	90,0 a	1,67 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de significância pelo teste de Scott-Knott.

*Legenda: Médias das características agronômicas altura de plantas (AL), diâmetro da base (ØB), diâmetro do enxerto (ØE), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), crescimento do broto enxertado (CB) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em função dos diferentes volumes de substrato (tubete, sacolinha e sacolão) utilizados para a produção de mudas de *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG, 2022.

Fonte: Da autora (2022).

Conforme resultados apresentados na Tabela 7, os diferentes volumes de substrato utilizados não influenciaram o índice de pegamento das mudas, sendo todos superiores a 85%, devendo a escolha do volume de substrato ser feita em função das demais características estudadas e exigências do produtor quanto ao padrão de muda que deseja utilizar para a implantação da lavoura.

Para todas as características analisadas, as mudas produzidas em 1800 ml apresentaram valores superiores ao demais volumes, dando destaque para maior crescimento do diâmetro de caule, o que influencia diretamente na produção de folhas, área foliar, massa seca da parte aérea e sistema radicular. Spomer (1982) explica que recipientes de maior volume de substrato podem ser melhor explorados pelo sistema radicular, proporcionando maior disponibilidade de água e nutrientes. Contradizendo relatos apresentados por Andrade *et al.* (2021), em que os autores encontraram maiores valores de massa seca do sistema radicular para mudas produzidas em tubetes, os quais justificam que o estresse gerado pela limitação do recipiente pode estimular a produção de raízes, em função da preferência da planta no acúmulo de fotoassimilados nessa região.

Quando analisado separadamente as características crescimento em altura e crescimento do broto, os maiores resultados foram observados para volumes com 850 ml e 1800 ml, assim como resultados encontrados por Santos e De Oliveira (2021), os quais constataram que mudas produzidas em sacolas de polietileno tiveram maior crescimento em relação às produzidas em tubetes. Relato que corrobora com este trabalho, pois o diâmetro da base e da região do enxerto foi maior para as mudas produzidas em sacolão. O diâmetro do caule torna-se maior devido ao aumento da quantidade de reservas translocadas das folhas para este órgão, estimulando a atividade do câmbio vascular, um meristema secundário que, em dicotiledôneas (como o café), tem função de crescimento em espessura (TAIZ *et al.*, 2017). Essa característica é desejável, pois proporciona maiores chances de sobrevivência e menor necessidade de replantio, resultando em menores custos durante a implantação ou renovação da lavoura. Para Hartmann *et al.* (2011), o aumento do diâmetro da região do enxerto pode estar relacionado a formação do calo resultante do processo de cicatrização normal, formado por células parenquimáticas. Segundo Nunes *et al.* (2005), a proliferação das células é a primeira indicação do início do crescimento do enxerto, pois evidencia o restabelecimento das conexões vasculares entre os tecidos.

Diretamente ligado ao maior diâmetro de caule e crescimento em altura, está o sistema radicular. É por meio dele que a muda irá absorver água e nutriente, que sendo bem desenvolvido, maximizará a absorção e, conseqüentemente, chegará maior quantidade de água e nutrientes às folhas, que produzirão maior quantidade de fotoassimilados à base para o desenvolvimento de todo aparato vegetal. Nas mudas produzidas em sacolão houve maior crescimento radicular em função da maior área disponível para exploração e crescimento do sistema radicular. Isso resultou em maior produção de matéria seca na parte aérea, devido ao maior número de folhas, e maior área foliar. Todas essas características juntas indicam que as mudas produzidas em sacolão apresentam elevada qualidade.

O que pode ser confirmado através da análise do IQD, com valor médio de 1,67 para mudas produzidas nesse volume de substrato, considerado o melhor índice dentre os volumes de substrato em estudos. Valores próximos foram encontrados por Pereira *et al.* (2021), com IQD variando de 0,79 a 1,21 para mudas de *Coffea arabica* L. Em estudo realizado recentemente, Gallegos-Cedillo *et al.* (2021) foram analisados 289 artigos baseados em índice de qualidade das plantas, e os autores concluíram que o IQD é uma ferramenta robusta com aplicação e grande potencial de uso na pré-seleção de plantas com alto padrão de qualidade, entre uma grande variedade de espécies vegetais.

De modo geral, a maioria dos pesquisadores que trabalham com diferentes volumes de substrato em mudas, não só de cafeeiro, mas também espécies florestais e frutíferas, obtém melhores médias em maiores volumes (ANDRADE *et al.*, 2021; CUNHA *et al.*, 2005; MENDONÇA *et al.*, 2003; VALLONE, 2010).

Portanto, os resultados encontrados nesse trabalho confirmam estudos realizados anteriormente, relatando as vantagens da produção de porta-enxertos em maiores volumes de substrato, em função do menor tempo necessário para as plantas atingirem o ponto de transplântio ou produção de mudas mais desenvolvidas, além de proporcionar menores taxas de replântio e melhores condições para suportar estresses bióticos e abióticos em campo. Como desvantagem pode-se inferir que o rendimento operacional por pessoa é menor ao realizar plantio de mudas produzidas em sacolão. Em contrapartida, os resultados encontrados para mudas produzidas em volumes de substrato de 270 ml e de 850 ml também foram satisfatórios quanto ao índice de pegamento e qualidade de mudas, porém, menos desenvolvidas em relação às produzidas com 1800 ml. Vale ressaltar que a produção de mudas enxertadas é onerosa em relação a produção por sementes, podendo ser compensatório menores taxas de replântio, uma vez que os custos para a realização das enxertias são elevados.

3.4 Experimento IV: avaliação de dois métodos de enxertia utilizando brotos (apicais e basais) para produção de mudas enxertadas de *Coffea arabica* L.

Nas avaliações realizadas foram constatadas diferenças significativas à 5 % de probabilidade nas interações métodos de enxertia x tipos de brotos (APÊNDICE D). Para tipos de brotos observou-se diferenças significativas a 5 % de probabilidade, para as características número de pares de folhas (NPF), crescimento de broto (CB) e altura (A).

Ao utilizar o método de enxertia fenda cheia, valores superiores foram observados para matéria seca da parte aérea e pegamento das mudas, a 5 % de probabilidade. Para diâmetro da

base, diâmetro do enxerto, massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular, número de folhas e pegamento, não foram detectadas diferenças significativas a 5 % de probabilidade pelo teste de Scott-knott quando utilizadas qualquer uma das duas regiões do broto, apenas para número de folhas os brotos da região apical proporcionaram maior produção (TABELAS 8 e 9).

Tabela 8 Médias das características agronômicas em função de diferentes métodos de enxertia em *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG 2022

Método enxertia	ØB (mm)	ØE (mm)	MSPA (g)	MSSR (g)	NPF (pares)	PEG (%)	IQD
Fenda cheia	0,80 a	1,58 a	5,13 a	1,98 a	4,82 a	94 a	0,68 a
Fenda vazia	0,66 a	1,86 a	4,10 b	1,68 a	4,88 a	71 b	0,55 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de significância pelo teste de Scott-Knott.

*Legenda: Médias das características agronômicas diâmetro da base (ØB), diâmetro do enxerto (ØE), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), número de pares de folhas (NPF), crescimento do broto enxertado (CB) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em função dos diferentes métodos de enxertia (fenda cheia e fenda vazia) utilizados para produção de mudas enxertadas de *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG, 2022.

Fonte: Da autora (2022).

Comparando os dois métodos de enxertia e as regiões do broto utilizadas, foram encontradas diferenças no desenvolvimento das mudas produzidas (TABELAS 9 e 10). Quando utilizadas regiões apicais do broto para realização das enxertias foi observado maior número de folhas, o que pode ser justificado pela região do broto já possuir gemas apicais em diferenciação, uma vez que para as regiões basais é necessário um estímulo que induzirá a ativação da gema para formação de uma nova brotação. As auxinas e citocininas são as principais responsáveis por todo o processo. Ao utilizar ramo da região apical, a auxina produzida nessa região inibe o crescimento das gemas axilares continuando seu crescimento, fenômeno conhecido como dominância apical. Se retirada essa região, a redução do transporte de auxina favorece a sinalização de citocinina nas gemas laterais, promovendo a formação de ramificação (TAIZ *et al.* 2017).

Tabela 9 Médias das características agronômicas em função de diferentes métodos de enxertia em *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG 2022

Tipos de brotos	ØB (mm)	ØE (mm)	MSPA (g)	MSSR (g)	NPF (pares)	PEG (%)	IQD
Apical	0,73 a	1,91 a	4,72 a	1,71 a	5,72 a	85 a	0,60 a
Basal	0,73 a	1,53 a	4,52 a	1,96 a	3,99 b	79 a	0,63 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de significância pelo teste de Scott-Knott.

*Legenda: Médias das características agronômicas diâmetro da base (ØB), diâmetro do enxerto (ØE), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), número de pares de folhas (NPF), pegamento (PEG) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em função das diferentes regiões do broto utilizadas como garfo (basal e apical) para produção de mudas enxertadas de *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG, 2022.

Fonte: Da autora (2022).

Ao produzir mudas enxertadas utilizando o método de fenda vazia e região basal do broto, houve grande redução da área foliar (TABELA 10), além de redução no crescimento em altura e, conseqüentemente, crescimento do broto (TABELAS 11 e 12). Em contrapartida, quando utilizada a região apical, não houve diferença entre os dois métodos de enxertia para as três características agronômicas (TABELAS 10, 11 e 12).

Tabela 10 Médias para área foliar, em função de diferentes métodos de enxertia e tipos de brotos para produção de mudas enxertadas de *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG, 2022

Médias para área foliar, em função de diferentes métodos de enxertia e tipos de brotos para produção de mudas enxertadas de *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG, 2022.

Métodos de enxertia	Área Foliar (cm²)	
	Apical	Basal
Fenda cheia	238,23 Aa	251,71 Aa
Fenda vazia	233,63 Aa	126,71 Bb

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de significância pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 11 Médias para incremento em altura, em função dos diferentes métodos de enxertia e regiões de broto para produção de mudas enxertadas de *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG, 2022

Método de enxertia	Altura (cm)	
	Apical	Basal
Fenda cheia	5,75 Aa	4,57 Aa
Fenda vazia	4,81 Aa	2,11 Bb

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de significância pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 12 Médias para crescimento do broto, em função dos diferentes métodos de enxertia e tipos de brotos para produção de mudas enxertadas de *Coffea arabica* L.. UFLA, Lavras, MG, 2022.

Método de enxertia	Crescimento do broto (cm)	
	Apical	Basal
Fenda cheia	5,75 Aa	4,57 Ba
Fenda vazia	4,81 Aa	2,28 Bb

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de significância pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Da autora (2022).

Sabe-se que a composição química do tecido vegetal varia ao longo do ramo, ocasionando diferenças de enraizamento e formação de calos. Os melhores resultados encontrados neste experimento foram aqueles utilizando enxertias em fenda cheia e região apical do broto, provavelmente em função da composição da região do ramo. Ao combinar os dois métodos houve melhor pegamento e maior área foliar, em função de uma melhor conectividade do enxerto ao porta-enxerto pelo método fenda cheia, e quando utilizada a região apical do broto, a menor lignificação pode ter contribuído para o processo. Para *C. arabica*, alguns estudos apontaram que estacas semilenhosas localizadas na porção mediana dos ramos proporcionam melhores resultados no processo de enraizamento, o que pode estar relacionado a uma menor lignificação do tecido, em relação aos segmentos mais lenhosos localizados na porção inferior dos ramos (REZENDE *et al.*, 2010).

Fachinello *et al.* (2005) afirma que, em espécies da família Myrtaceae, o processo de propagação vegetativa é dificultado pela lignificação do lenho e oxidação de compostos fenólicos que dificultam a formação do calo e o processo de cicatrização. Sabe-se também, que à medida que o diâmetro do caule aumenta, maior é o estado de lignificação do lenho e maior a dificuldade de cicatrização e união entre enxerto e porta-enxerto (LATTUADA *et al.*, 2010). Além disso, o estímulo necessário para emergência de uma brotação através da gema axilar, exige maior gasto energético em relação a retomada do processo de crescimento apical.

3.5 Experimento V: avaliação de quatro tipos e duas épocas de poda em plantas matrizes de *Coffea arabica* L.

Como pode ser observado na Tabela 13, foram detectadas diferenças significativas em relação aos diferentes tipos de poda, sendo que a poda do tipo palitamento com decote, independente da época, apresentou maior número final de brotos quando comparada aos demais tratamentos. A época de poda irá influenciar na quantidade de brotos produzidos ao longo do

tempo, sendo constatado que plantas podadas em setembro apresentaram maior número de brotações 120 e 180 dias após a poda, em contrapartida às podadas em novembro apresentaram maior produção de brotos 120 e 300 dias após o processamento da poda.

Tabela 13 Médias para número de brotos (NB) em função do tipo e época de poda utilizados para indução de brotação *Coffea arabica* L

NÚMERO DE BROTOS PARA A ÉPOCA DA PODA		
Tipo de poda	Setembro	Novembro
Recepa sem pulmão	13,99 b	11,81 b
Recepa com pulmão	15,09 b	13,26 b
Palitamento com decote	17,69 a	19,17 a
Palitamento sem decote	17,93 a	14,32 b
CV (%)	29,48	33,37
Média	16,18	14,64

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de significância pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 14 Médias para número de brotos (NB) em função do tempo após poda utilizados para indução de brotação *Coffea arabica* L.

NÚMERO DE BROTOS PARA A ÉPOCA DA PODA		
Temo após poda	Setembro	Novembro
120 dias	24,15 a	24,46 a
180 dias	14,62 b	6,67 c
300 dias	9,76 c	12,42 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de significância pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Da autora (2022).

Em termos do tipo de poda a ser realizado em plantas de *Coffea arabica* L. para obtenção de maior número de brotações para propagação vegetativa, os trabalhos são escassos, sendo normalmente avaliado o efeito da poda a produção e qualidade de grãos (DUFOUR; KERANA, 2019). Contudo, sabe-se que a modificação da poda facilita o crescimento vertical das plantas de café e o dossel vegetativo (GOKAVI et al., 2021), influenciando no número de brotações. De acordo com os resultados apresentados neste trabalho, a poda realizada pelo método de palitamento com decote, fornecerá maior número de brotações para a realização de enxertias ou obtenção de estacas.

4 CONCLUSÃO

Dentre os diferentes métodos de enxertia estudados, indica-se a garfagem em fenda cheia, pois proporcionou os melhores resultados, com destaque para crescimento das mudas em altura. Para obtenção de melhor pegamento e desenvolvimento, recomenda-se enxertias a 15, 20 ou 25 cm acima do colo do porta-enxerto. A produção de mudas em volumes de substrato de 850 ml e 1800 ml, garantem melhor desenvolvimento do sistema radicular, sendo que utilizando 1800 ml de volume, tem-se uma aceleração na produção de folhas e, conseqüentemente, o crescimento. Quanto ao tipo de broto a ser utilizado, recomenda-se o apical, em função da presença do meristema, que acelera o desenvolvimento vegetal após a enxertia. Independentemente da época de realização da poda, o tipo mais indicado para obtenção de maior número de brotações é o palitamento com decote.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, M. E. *et al.* Cafe Arabica *Coffea arabica* L. In: JAIN, S. M.; GUPTA, P. **Step Wise Protocols for Somatic Embryogenesis of Important Woody Plants**. Cham: Springer, 2018. p. 39-62.
- ANDRADE, C. R. de. *et al.* Growth and quality of seedlings of different coffee cultivars under different substrates and containers. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e2810212073-e2810212073, 2021.
- BARROS, R.S. *et al.* Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.
- BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. Relações entre variáveis de crescimento e o Índice de Qualidade de Dickson em mudas florestais. **CERNE**, Lavras, v. 16, p. 457-464, 2010.
- BARONI, S. C.; MARTINS, J. M. Enxertia do café no norte do Paraná como um método importante no desenvolvimento e aproveitamento da planta. **Arquivos do Mudi**, [S.l.], v. 10, n. 1, 2006.
- BARROS, H. B. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados no estado do Mato Grosso. **Revista Ceres**, [S.l.], v. 57, n. 3, p. 359-366, 2010.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 8. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.
- CAMARGO, A. P. de. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões (cafeeiras) do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 7, p. 830-839, jul. 1985.
- CÉSAR, H. P. **Manual Prático do Enxertador e Criador de Mudas de Árvores Frutíferas e dos Arbustos Ornamentais**. 11. ed. São Paulo: Nobel, 1985. p. 9-43.
- CHEN, Xiumin. A review on coffee leaves: Phytochemicals, bioactivities and applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, v. 59, n. 6, p. 1008-1025, 2019.
- COLODETTI, Tafarel Victor *et al.* O manejo de hastes ortotrópicas modula o desempenho fotossintético e alocação de biomassa de plantas produtivas de café arábica. *Revista Ceres*, v. 67, p. 454-463, 2020..
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília, DF: CONAB, 2022. V. 9. Safra 2022. N. 1. Primeiro levantamento, janeiro. 2022.
- CAMARGO, A. P. de. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões (cafeeiras) do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 7, p. 830-839, jul. 1985.
- CELANT, V.M. *et al.* Armazenamento a frio de ramos porta borbulhas e métodos de enxertia de cultivares de marmeleiro. **Ciência Rural**, [S.l.], v. 40, p. 20-24, 2010.

GALLEGOS-CEDILLO, V. M. *et al.* Plant Agronomic Features Can Predict Quality and Field Performance: A Bibliometric Analysis. **Agronomy**, [S.l.], v. 11, n. 11, p. 2305, 2021.

CHALISE, B.; PAUDYAL, K. P.; SRIVASTAVA, S. P. Effect of grafting height on success and subsequent growth of acid Lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) saplings. **Nepal Journal of Science and Technology**, [S.l.], v. 14, n. 2, p. 25-32, 2013.

CONAB. Companhia Nacional De Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, DF, v. 9, safra 2013, segunda estimativa, maio. 2013.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, DF, v.9, safra 2022, primeiro levantamento, janeiro. 2022.

CUNHA, A. O. *et al.* Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex DC) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, [S.l.], v. 36, p. 10-13, 1960.

DUFOUR, Bernard Pierre; KERANA, I. Wayan; RIBEYRE, Fabienne. Effect of coffee tree pruning on berry production and coffee berry borer infestation in the Toba Highlands (North Sumatra). *Crop Protection*, v. 122, p. 151-158, 2019.

DE OLIVEIRA, Mailson Freire *et al.* Determination of application volume for coffee plantations using artificial neural networks and remote sensing. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 184, p. 106096, 2021.

DIAS, F.P. Crescimento vegetativo e anatomia caulinar de cafeeiros enxertados. 2006. 89 p. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

DIAS, F. P. *et al.* Estudo anatômico de cafeeiros enxertados. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 735-742, 2009.

DOMINGHETTI, A. W. *et al.* Atividade fotossintética de mudas de cafeeiro produzidas por estaquia e embriogênese somática em diferentes condições de umidade do solo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS*, 2017, 43., Poços de Caldas. **Anais [...]**. Poços de Caldas, 2017. p. 434.

DOMINGHETTI, A. W., *et al.* Tolerância ao déficit hídrico de cafeeiros produzidos por estaquia e embriogênese somática. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 117 - 126, 2016.

DURÁN, Carlos AA *et al.* Café: Aspectos Gerais e seu Aproveitamento para além da Bebida. *Revista Virtual de Química*, v. 9, n. 1, p. 107-134, 2017.

ETIENNE, H. *et al.* Biotechnological applications for the improvement of coffee (*Coffea arabica* L.). **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, [S.l.], v. 38, n. 2, p. 129-138, 2002.

ENCALADA, C. M. E. *et al.* **Efecto de la luz solar y tres fechas de siembra en el desarrollo de posturas de cafeto (*Coffea arabica* L. cv. Caturra) en la Zona Sur de Ecuador.** 2017. Tese. (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Nacional de Loja, Loja, 2017.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; TIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 221 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.l.], v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FONSECA, E. P. *et al.* Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

FACHINELLO, J. C. *et al.* **Propagação de plantas frutíferas.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

FAHL, J. I. *et al.* Enxertia de *Coffea arabica* sobre progênes de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 297-312, 1998.

FEHR, W.R. **Principles of cultivars developoment, Theory and Technique.** 1. ed. New York: Macmillan, 1987.

GARCÍA, F. J. L.; CASTILLO, J. G. C. Yield of *Coffea arabica* grafted onto *Coffea canephora* in soils infested with nematodes in Mexico. **Coffee Science**, Lavras, v. 14, n. 3, p. 308-314, 2019.

GOULART, Patrícia de Fátima Pereira *et al.* Aspectos histoquímicos e morfológicos de grãos de café de diferentes qualidades. **Ciência Rural**, v. 37, p. 662-666, 2007.

JOHNSON, J. D.; CLINE, M. L. Seedling quality of southern pines. *In: Forest regeneration manual.* Dordrecht: Springer, 1991. p. 143-159.

GOKAVI, Nagaraj *et al.* The effect of modified pruning and planting systems on growth, yield, labour use efficiency and economics of Arabica coffee. **Scientia Horticulturae**, v. 276, p. 109764, 2021.

GOMIDE, M. B. *et al.* Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 118-123, 1977.

ICIAG. Instituto de Ciências Agrárias. **Reprodução das fruteiras.** Uberlândia: UFU, ICIAG – Núcleo de Estudo em Fruticultura do Cerrado, 2003.

ICO. International Coffee Organization. **Coffee Market Report.** Maio 2021.

JULCA, O. A. *et al.* Comportamento de *Coffea arabica* L. injertadas sobre *Coffea canephora* na presença de nematodos em vida: Crescimento de *Coffea arabica* enxertado em *Coffea canephora* na presença de nematoides em viveiro. **Revista de Investigaciones Altoandinas**, [S.l.], v. 20, n. 3, p. 267-280, 2018.

HARTMANN, H. T. *et al.* **Hartmann and Kester's plant propagation: principles and practices**. 8th. ed. Boston, 2011. 915 p.

HUNT, G.A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. *In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200*, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.

LATTUADA, D. S.; SOUZA, P. V. D. de; GONZATTO, M. P. Enxertia herbácea em Myrtaceae nativas do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 1285-1288, 2010.

LEITE, G. A. *et al.* Rootstocks and grafting methods for Atemoya (*Annona squamosa* L. x *Annona cherimoya* Mill.) plants. **Semina: Ciências Agrárias**, [S.l.], v. 34, n. 5, p. 2117-2128, 2013.

LAVIOLA, Bruno Galvêas et al. Alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p. 1521-1530, 2007.

LEMOS, Mayara Fumiere et al. Chemical and sensory profile of new genotypes of Brazilian *Coffea canephora*. *Food Chemistry*, v. 310, p. 125850, 2020.

LOPES, J. C. *et al.* Enxertia em fruteiras. **Tópicos especiais em Produção Vegetal VI [e-book]** / *In: FERREIRA, A. et al.* 1. ed. – Alegre, ES: CAUFES, 2016. 553 p.: il.

MARANA, J. P. *et al.* Índices de qualidade e crescimento de mudanças de qualidade em tubetes. **Ciência Rural**, [S.l.], v. 38, n. 1, pág. 39-45, 2008.

MARIE, L. *et al.* G× E interactions on yield and quality in *Coffea arabica*: new F1 hybrids outperform American cultivars. **Euphytica**, [S.l.], v. 216, n. 5, p. 1-17, 2020.

MATIELLO, J. B.; BARROS, U. V. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. p. 320.

MATIELLO, J. B. *et al.* **Cultura de Café no Brasil – Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2010.

MARTINS, David dos Santos et al. *Coffea arabica* and *C. canephora* as host plants for fruit flies (Tephritidae) and implications for commercial fruit crop pest management. *Crop Protection*, v. 156, p. 105946, 2022. See More

MELNYK, C. W.; MEYEROWITZ, E. M. Enxertia de plantas. **Current Biology**, [S.l.], v. 25, n. 5, p. R183-R188, 2015.

MENDES, J.E.T. **A enxertia do cafeeiro I**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1938. (Boletim Técnico n. 39. 18 p.).

MODESTO, Z. M. M.; SIQUEIRA, N. J. B. **Botânica** [célula vegetal, tecido vegetal, fecundação, nutrição vegetal, crescimento]. São Paulo: EPU, 1981.

- MORAES, M.V.; FRANCO, C.M. **Método expedido para enxertia em café**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1973. 8 p.
- MURTHY, P. S.; NAIDU, M. M. Gestão sustentável de subprodutos da indústria do café e agregação de valor: Uma revisão. **Recursos, Conservação e Reciclagem**, [S.l.], v. 66, p. 45-58, 2012.
- MWANIKI, W. I. *et al.* Effects of genotype and plant growth regulators on callus induction in leaf cultures of *Coffea arabica* L. F1 hybrid. **African Journal of Biotechnology**, [S.l.], v. 18, n. 31, p. 1004-1015, 2019.
- MYERS, R. *et al.* Grafted coffee increases yield and survivability. **HortTechnology**, [S.l.], v. 30, n. 3, p. 428-432, 2020.
- MARANA, J. P. *et al.* Índices de qualidade e crescimento de mudanças de qualidade em tubetes. **Ciência Rural**, [S.l.], v. 38, n. 1, p. 39-45, 2008.
- MENDONÇA, Vander *et al.* Diferentes substratos e recipientes na formação de mudas de mamoeiro'Sunrise Solo'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S.l.], v. 25, n.1, p. 127-130, 2003.
- MELNYK, C. W. Plant grafting: insights into tissue regeneration. **Regeneration**, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 3-14, 2017.
- NUNES, J. C. O.; ABREU, M. F.; DANTAS, A. C. M.; PEREIRA, A. J.; PEDROTTI, E. L. Caracterização morfológica de microenxertia em macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 80-83, 2005.
- ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Efeito do extrato de *Cyperus rotundus* L. na formação de raízes adventícias em estacas de hipocótilo de *Phaseolus vulgaris* L. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 12., 2005Recife. **Anais [...]**, Recife, 2005 *In*: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE FISILOGIA VEGETAL, 10., 2005, Recife. **Anais [...]**, Recife: PE, 2005.
- OLIVEIRA, I. P. de *et al.* Cultura de café: histórico, classificação botânica e fases de crescimento. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, [S.l.], v. 5, n. 4, 2012.
- PATERNIANI, M.E.A.G.Z. *et al.* Capacidade combinatória, divergência genética entre linhagens de milho e correlação com heterose. **Bragantia**, [S.l.], v. 67, n. 3, p. 639-648, 2008.
- PINTO, F. A. P. Enraizamento de estacas de *Coffea arabica* L. em sistema hidropônico. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- PEREIRA, Danusa de Cássia; SANT'ANA, Lucas César Frediani. O uso sensoriamento remoto no manejo biológico e químico do cafeeiro. Seven Editora, p. 124-127, 2023.
- PINHEIRO, Flávia de *et al.* Arabica and Conilon coffee flowers: Bioactive compounds and antioxidant capacity under different processes. *Food chemistry*, v. 336, p. 127701, 2021.

- PEREIRA, D. S. *et al.* Coffee seedling growth after legume cultivation in soils with contrasting phosphorus contents. **Coffee Science**, Lavras, v.16, e161891, 2021.
- PINA, A.; ERREA, P. A review of new advances in mechanism of graft compatibility–incompatibility. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 106, n. 1, p. 1-11, 2005.
- QUEIROZ-VOLTAN, Rachel Benetti et al. Eficiência da poda em cafeeiros no controle da *Xylella fastidiosa*. *Bragantia*, v. 65, p. 433-440, 2006.
- RAMALHO, M. A. P. *et al.* **Genética na agropecuária**. 5. ed. rev. Lavras: UFLA, 2012. 565 p.
- REYNA, E.H. **Um nuevo método de injertación en café**. Guatemala: Boletín Técnico-Ministério de Agricultura, 1966. n. 21. 40 p.
- REZENDE, T. T. *et al.* Propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) por miniestacas. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 91 - 99, 2017.
- RICCI, M. et al. Microweather conditions, phenology and external morphology of coffee trees in shaded and full sun systems. *Coffee Science*, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2013.
- REZENDE, T. T. *et al.* Types of stem cuttings and environments on the growth of coffee stem shoots. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 5, p. 387–391, 2010.
- SANTOS, J. A.; DE OLIVEIRA, I. V. Diferentes recipientes na produção de mudas de açazeiro. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 10, n. 4, p. e33810414174-e33810414174, 2021.
- SETIN, D. W.; CARVALHO, S. A. Recipientes e métodos de enxertia na produção de mudas de citros com porta-enxertos duplos. **Citrus Research & Technology**, Cordeirópolis, v. 32, n. 1, p. 17-26, 2011.
- SILVA, J. I. *et al.* Desenvolvimento de mudas de *Coffea canephora* Pierre ex A. froehner em diferentes combinações de substrato e recipiente. **Coffee Science**, Lavras, v.5, n.1, p. 38-48, 2010.
- SPOMER, L. A. The effect of container soil volume on plant growth. **HortScience**, EUA, v. 17, n. 4, p. 680-681, 1982.
- SARAWAT, P.; STODDARD, F. L.; MARSHALL, D. R.; ALI, S. M. Heterosis for yield and related characters in pea. **Euphytica**, [S.l.], v. 80, n. 1 p. 39-48, 1994.
- SILVA, A. L. da. **Estudo técnico e econômico do uso de sistemas de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica*)**. 2002. 67 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- SILVA, K. C. L. *et al.* Divergência genética de genótipos de milho com e sem adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 2, p. 102-110, 2015.
- SILVA, Maria do Céu et al. Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee berry disease. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 18, p. 119-147, 2006.

SIMÕES, F.; CARVALHO, R. I. N. Evaluation of different over-grafting techniques to replace 'Gala' for 'Princesa' apple trees (*Malus domestica* Borkh.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 493-498, 2006.

SOBREIRA, F. M. et al. Divergence among arabica coffee genotypes for sensory quality. *Australian Journal of Crop Science*, Brisbane, v. 10, n. 10, p. 1442-1448, 2016.

SOUZA, A. J. J. et al. Levels of phosphorus in the initial development of coffee in soils with different textures. *Coffee Science*, Lavras, v. 9, n. 2, p. 284-288, 2014.

SOUZA, C.A.S.; OLIVEIRA, A.L. de; GUIMARÃES, R.J.; DIAS, F.P.; MOURA, C.A. **Produção de mudas de cafeeiro enxertados**. Lavras: UFLA, 2002. (Boletim de extensão).

SOUZA, F.F. et al. Capacidade de combinação de linhagens avançadas e cultivares comerciais de melancia. **Horticultura Brasileira**, [S.l.], v.31, p. 595-601, 2013.

TABORA, P. C.; ATIENZA, L. Highly successful wedge grafting for rambutan, lychee, longan, mangosteen and other fruit trees. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, [S.l.], v. 119, p. 4-6, 2006.

TURREIRA-GARCÍA, N. Farmers' perceptions and adoption of *Coffea arabica* F1 hybrids in Central America. **World Development Sustainability**, [S.l.], v. 1, p. 100007, 2022.

VALLONE, H.S. et al. Diferentes recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiros. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.l.], v. 34, n. 1, p. 55-60, 2010.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 690 p.

THOKCHOM, A.; SINGH, R.K.D. Effect of grafting height and scion length on growth of *Citrus reticulata* cv. Nagpur Mandarin grafts. **International Journal of Chemical Studies**, [S.l.], v.6, n. 2, p. 2094-2097, 2018.

TOMAZ, M. A. et al. Efeito do porta-enxerto nas trocas gasosas, área foliar e superfície de raiz de mudas de *Coffea arabica* L. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 305, p. 93-98, 2006.

VALLONE, H. S. et al. Diferentes recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 55-60, 2010.

VINENT, S. N. et al. Inoculación de rizobios favorecen el crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. injertadas en vivero. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 10, n. 6, p. e10110615722-e10110615722, 2021.

YIN, H. et al. Graft-union development: a delicate process that involves cell-cell communication between scion and stock for local auxin accumulation. **Journal of Experimental Botany**, [S.l.], v. 63, p. 4219-4232, 2012.

Apêndice A – Resumo da análise de variância para as características incremento em altura (AL), diâmetro da base (ØB), diâmetro da região do enxerto (ØE), área foliar (AF), massa seca parte aérea (MSPA), massa seca sistema radicular (MSSR), crescimento da brotação (CB), número de pares de folhas (NPF) e porcentagem de pegamento (PEG), em função dos diferentes métodos de enxertia realizada (inglês complicado, fenda vazia e fenda cheia) em *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG, 2022.

FV	GL	Quadrado médio									
		AL	ØB	ØE	AF	MSPA	MSSR	CB	NPF	PEG	IQD
Enxertias	2	0,29 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1155,96 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,56 ^{ns}	133,33 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Erro	9	0,08	0,06	0,11	561,99	0,14	0,03	0,19	0,41	177,77	0,01 ^{ns}
CV		8,12	37,55	14,78	10,23	13,36	12,08	11,27	11,90	14,29	17,54
Média		3,83	0,65	2,29	231,77	2,87	1,30	3,83	5,41	93,33	0,54

*Teste F significativo a 5 % de probabilidade.

Fonte: Da autora (2022).

Apêndice B – Resumo da análise de variância para as características incremento em altura (AL), diâmetro da base (ØB), diâmetro da região do enxerto (ØE), área foliar (AF), massa seca parte aérea (MSPA), massa seca sistema radicular (MSSR), crescimento da brotação (CB), número de pares de folhas (NPF) e porcentagem de pegamento (PEG), em função dos diferentes métodos e alturas de enxertia realizada (inglês complicado, fenda vazia e fenda cheia) em *Coffea arabica* L. UFLA, Lavras, MG, 2022.

FV	GL	Quadrado médio									
		AL	ØB	ØE	AF	MSPA	MSSR	CB	NPF	PEG	IQD
Método enxertia (M)	2	7,71*	0,23*	3,15*	41047,91*	1,87 ^{ns}	0,02 ^{ns}	6,64*	0,33 ^{ns}	1300,00*	0,04 ^{ns}
Altura enxertia (A)	3	15,28*	0,17*	0,78*	201796,16*	37,1154*	3,40*	20,80*	10,06*	555,55 ^{ns}	0,33*
M x A	6	1,43 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,27 ^{ns}	27241,45 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,89 ^{ns}	2,93*	555,55*	0,01 ^{ns}
Erro	36	2,9	0,05	0,21	12171,82	0,75	0,07	1,57	0,85	211,11	0,02
CV (%)		18,19	23,17	29,97	16,72	16,10	18,54	14,31	16,48	18,16	24,10
Média		9,37	1,01	1,54	659,79	5,39	1,49	8,76	5,61	80,00	0,65

*Teste F significativo a 5 % de probabilidade.

Fonte: Da autora (2022).

Apêndice C – Resumo da análise de variância para as características incremento em altura (AL), diâmetro da base (ØB), diâmetro da região do enxerto (ØE), área foliar (AF), massa seca parte aérea (MSPA), massa seca sistema radicular (MSSR), crescimento da brotação (CB), número de pares de folhas (NPF) e porcentagem de pegamento (PEG), em função dos métodos de enxertia e recipientes utilizados para a produção de mudas de *Coffea arabica* L. enxertadas.

FV	GL	Quadrado Médio									
		AL	ØB	ØE	AF	MSPA	MSSR	CB	NPF	PEG	IQD
Método enxertia (M)	1	1,00 ^{ns}	0,16 ^{ns}	2,17*	9848,79*	2,22 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,54 ^{ns}	4,23 ^{ns}	1350*	0,01 ^{ns}
Volume substrato (V)	2	11,09*	0,43*	1,66*	76761,73*	19,98*	1,72*	9,29*	17,34*	150 ^{ns}	0,79*
M x R	2	0,21 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,12 ^{ns}	7807,26 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,39 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,62 ^{ns}	50 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Erro	18	1,26	0,98	0,40	5508,39	1,06	0,19	0,81	1,84	250	0,05
CV (%)		18,49	24,11	32,24	22,11	15,56	16,41	17,69	18,70	18,07	16,72
Média		6,09	0,97	1,97	335,75	6,64	2,69	5,09	7,25	87,50	1,33

*Teste F significativo a 5 % de probabilidade.

Fonte: Da autora (2022).

Apêndice D – Resumo análise de variância para altura de plantas (AL), diâmetro da base (ØB), diâmetro do enxerto (ØE), pegamento (PEG), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), crescimento do broto enxertado (CB), número de par de folhas (NPF) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em função do método de enxertia e tipo de broto (apical ou basal) utilizados para a produção de mudas de *Coffea arabica* L. enxertadas.

FV	GL	Quadrado médio									
		AL	ØB	ØE	AF	MSPA	MSSR	CB	NPF	PEG	IQD
Método de Enxertia (M)	1	17,18*	0,10 ^{ns}	0,49 ^{ns}	25191,64*	6,29*	0,54 ^{ns}	15,60*	0,01 ^{ns}	3151,04*	0,10 ^{ns}
Tipos Brotos (B)	1	22,44*	0,00 ^{ns}	0,84 ^{ns}	13098,44 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,37 ^{ns}	20,62*	17,79*	234,37 ^{ns}	0,01 ^{ns}
M x B	1	3,47*	0,08 ^{ns}	0,52 ^{ns}	21745,44 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,16 ^{ns}	2,78*	8,36 ^{ns}	26,04 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Erro	20	0,79	0,07	0,19	3913,45	1,30	0,26	0,82	3,37	609,37	0,78
CV			36,45	25,91	29,43	24,77	28,05	20,84	37,85	30,00	31,90
Média			0,73	1,72	212,57	4,61	1,83	4,35	4,85	82,29	0,62

*Teste F significativo a 5 % de probabilidade.

Fonte: Da autora (2022).